



FINAL PROJECT - MO141326

Analysis of Aging Treatment on Aluminium AA 6063 Against Corrosion Bacteria Resistance in Marine Environment

Nurika Primiliana

NRP. 4313 100 042

Supervisors:

Herman Pratikno, S.T., MT., Ph.D

Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., MT., Ph.D

OCEAN ENGINEERING DEPARTEMENT

FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2017

Analisa *Aging Treatment* Pada Aluminium AA6063 Terhadap Ketahanan Korosi Bakteri di Lingkungan Laut

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Oleh

NURIKA PRIMILIANA NRP. 4313100042

Disetujui oleh :

1. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D (Pembimbing 1)

2. Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D (Pembimbing 2)

3. Ir. Joswan Jusuf Soedjono M.Sc (Penguji 1)

4. Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D (Penguji 2)

5. Dirta Marina C., S.T., M.T. (Penguji 3)

6. Wilama L Dhanistha, S.T., M.T., (Penguji 4)

SURABAYA, JULI 2017

Analisis *Aging Treatment* Pada Aluminium AA 6063 Terhadap Ketahanan Korosi Bakteri di Lingkungan Laut.

Nama : Nurika Primiliana
NRP : 4313100042
Jurusan : Teknik Kelautan
Dosen Pembimbing : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D
Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., MT., Ph.D

Abstak :

Korosi merupakan peristiwa pengrusakan logam secara alami yang disebabkan oleh interaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Salah satu penyebab korosi adalah menempelnya bakteri pada material. Bahaya yang ditimbulkan oleh korosi sangat fatal terutama pada kapal, korosi dapat menyebabkan kegagalan pada struktur kapal yang menyebabkan kapal tidak dapat beroperasi sebagaimana mestinya. Penelitian ini merupakan eksperimen dengan menggunakan material uji Aluminium dimana material ini sering digunakan sebagai konstruksi kapal. Material akan diberi perlakuan panas (*Aging Treatment*) sebelum dilakukan uji korosi pada air laut buatan (salinitas 33 ‰, 35 ‰, 37 ‰) yang telah ditambahkan bakteri dan tanpa penambahan bakteri. Metode yang digunakan untuk mengambil data laju korosi aluminium menggunakan metode *weight loss*. Laju korosi paling tinggi yaitu pada material *non aging treatment* dengan penambahan bakteri *Thiobacillus* pada salinitas 37 ‰ sebesar 1,189 mmpy. Sedangkan laju korosi paling rendah yaitu pada material *Aging Treatment* tanpa penambahan bakteri pada salinitas 33 ‰ yaitu sebesar 0,186 mmpy. Hal ini mengidentifikasikan bahwa *Aging Treatment* dapat memperlambat laju korosi dan penambahan bakteri dapat mempercepat laju korosi

Kata Kunci : Bakteri, *Aging Treatment*, Korosi, *weight loss*.

**Analysis of Aging Treatment on Aluminium AA 6063 Againsts Corrosion
Bacteria Resistance in Marine Environment.**

Nama : Nurika Primiliana
NRP : 4313100042
Jurusan : Teknik Kelautan
Dosen Pembimbing : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D
Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., MT., Ph.D

Abstrack :

Corrosion is a natural occurrence of metal damage caused by electrochemical interactions with the environment. One of the causes of corrosion is the attachment of bacteria to the material. The hazard caused by corrosion fatal, especially on ship, corrosion can cause a failure on ship's structure which causes the ship to not operate properly. This study is an experiment using Aluminium which is the material is often used as ship construction. Material to be treated by heat treatment (Aging Treatment) before corrosion test in artificial seawater (salinity 33 ‰, 35 ‰, 37 ‰) which have been added and without added bacteria. The method used to take the rate of aluminium corrosion data is waight loss. The highest corrosion rate is non-aging treatment material with the addition of Thiobacillus bacteria at salinity 37 ‰ are 1,189 mmpy. While the lowest corrosion rate is on aging treatment material without bacteria addition at salinity 33 ‰ are 0,186 mmpy. It was identified that Aging Treatment can slow down the corrosion rate and the addition of bacteria can accelerate the corrosion rate.

Keywords : Bacteria, Aging Treatment, Corrosion, Weightloss.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT, karena atas berkat dan rahmatNya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **Analisis Aging Treatment Pada Aluminium AA 6063 Terhadap Ketahanan Korosi Bakteri di Lingkungan Laut.**

Tugas Akhir ini dibuat untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi kesarjanaan (S-1) di jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Tujuan Tugas Akhir ini adalah mendapatkan data pengaruh *aging treatment* terhadap laju korosi material aluminium dengan adanya penambahan bakteri dan tanpa penambahan bakteri pada salinitas 33 ‰, 35 ‰, 37 ‰. Dan mendapatkan stuktur makro material aluminium sebelum dan sesudah di uji korosi. Serta mendapatkan kesimpulan dari hasil penelitian mengenai bakteri mana yang cukup korosif terhadap spesimen uji.

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini, penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk melakukan yang terbaik. Namun penulis menyadari bahwa pada Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharap kankritik dan saran yang membangun guna kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga hasil yang dicapai penulis dapat berguna bagi penulis sendiri dan untuk pembaca.

Surabaya, Juli 2017

Nurika Primiliana

UCAPAN TERIMA KASIH

Selama menyelesaikan penyusunan tugas akhir, penulis telah mendapatkan manfaat, dukungan, bantuan, dan bimbingan secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang memberikan rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan ini.
2. Kedua orang tua dan adik penulis yang senantiasa mendukung dan mendoakan kelancaran tugas akhir ini.
3. Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
4. Bapak Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing pertama dan selaku dosen wali serta sebagai koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
5. Ibu Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing kedua.
6. Para penguji tugas akhir yang telah memberikan evaluasi dan saran kepada penulis.
7. Bapak Mantri selaku teknisi Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin ITS.
8. Ibu Iin selaku teknisi Laboratorium Remediasi Lingkungan Teknik Lingkungan ITS.
9. Ibu Mery selaku terknisi Laboratorium Pengolahan limbah B3 Teknik Lingkungan ITS.
10. Bayu Dwi Handoko sebagai teman satu laboratorium yang selalu membantu penulis.
11. Seluruh keluarga besar mahasiswa teknik kelautan ITS angkatan 2013 “VALTAMERI” yang telah memberikan semangat dan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

12. Serta semua pihak lainnya yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan pada laporan ini. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan laporan ini. Penulis berharap laporan ini dapat membantu para pembaca untuk mengenal lebih dekat dunia material dan dapat dijadikan referensi untuk keperluan pendidikan serta dapat bermanfaat bagi kita semua.

Terima kasih.

Surabaya, Juli 2017

Nurika Primiliana

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
DAFTAR ISI.....	IX
DAFTAR GAMBAR.....	XI
DAFTAR TABEL.....	XIII
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	2
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Dasar Teori	5
2.2.1 Aluminium	5
2.2.2 Aluminium AA 6063	5
2.2.3 Korosi.....	6
2.2.3.1 Definisi	6
2.2.3.2 Jenis Korosi	7
2.2.3.3 Korosi Mikrobiologi	8
2.2.3.4 Prinsip Terjadinya Korosi.....	9
2.2.3.1 Laju Korosi	10
2.2.4 Perlakuan Panas (<i>Heat Treatment</i>)	12
2.2.5 Bakteri yang Digunakan	13

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	17
3.2 Prosedur Penelitian	19
3.2.1 Studi Literatur	20
3.2.2 Persiapan Penelitian	20
3.2.3 Persiapan Spesimen Uji	21
3.2.4 Persiapan Bakteri	25
3.2.4.1 Tahapan <i>re-growth</i> isolat bakteri	25
3.2.4.2 Tahapan inokulasi bakteri	27
3.2.5 Persiapan Larutan Uji	30
3.2.6 Proses Pengujian Biokorosi	33
3.2.7 Pembersihan Spesimen	34
3.2.8 Penimbangan berat spesimen.....	35
3.2.9 Pengamatan sturktur mikro.....	35
3.2.10 Analisa Berat.....	36
3.2.11 Perhitungan Laju Korosi	36
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Hasil Pembuatan Material Uji	38
4.1.1 <i>Heat Treatment</i> Material.....	38
4.1.2 Tes Kekerasan Material	40
4.2 Pengembangbiakan Bakteri	41
4.2.1 Hasil Pengembangbiakan <i>Escherichia Coli</i>	42
4.2.2 Hasil Pengembangbiakan <i>Pseudomonas Fluorescens</i>	43
4.2.3 Hasil Pengembangbiakan <i>Thiobacillus Ferrooxidans</i>	44
4.3 Hasil Percobaan Bio-Korosi dengan metode rendam.....	45
4.4 Hasil Foto Mikro dan Makrostruktur.....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan	63

DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Segitiga Korosi	6
Gambar 2.2 Bakteri <i>Escherichia coli</i>	14
Gambar 2.3 Bakteri <i>Pseudomonas flourescens</i>	15
Gambar 2.4 Bakteri <i>Thiobacillus ferroxidans</i>	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir	18
Gambar 3.2 Diagram Alir Persiapan Spesimen	21
Gambar 3.21 Furnace	22
Gambar 3.22 (i) Alat uji kekerasan (ii) Skema Uji Kekerasan	23
Gambar 3.23 Distorsi oleh indentor pyramid intan karena efek elastisitas.....	25
Gambar 3.24 Kertas Amplas	24
Gambar 3.25 Material Setelah di Haluskan	24
Gambar 3.26 Timbangan Digital.....	25
Gambar 3.27 (i) NA powder (ii) NB powder (iii) Autoclave (iv) Bakteri Induk (v) Media NB (vi) Media NA	26
Gambar 3.28 Pemanasan jarum ose pada bunsen	26
Gambar 3.29 Inkubator	27
Gambar 3.30 Media NB	27
Gambar 3.31 Media NB diaduk menggunakan media shaker.....	28
Gambar 3.32 Tabung <i>centrifuge</i> berisi bakteri.....	28
Gambar 3.33 <i>Centrifuge</i>	29
Gambar 3.34 Pellet bakteri yang sudah ditambahkan air salin	29
Gambar 3.35 Spektrofotometer.....	30
Gambar 3.36 Larutan salinitas buatan.....	30
Gambar 3.37 (i) NaCl Powder (ii) Aquades (iii) Tabung Elenmeyer (iv) Gelas Ukur.....	32
Gambar 3.38 Timbangan Digital.....	32

Gambar 3.39 Larutan NaCl salinitas 33 ‰, 35 ‰, dan 37 ‰ (ii) Autoclave.....	33
Gambar 3.40 Material Aluminium Seri AA 6063.....	33
Gambar 3.41 Perendaman material pada media biokorosi.....	34
Gambar 3.42 <i>Hair Drayer</i>	34
Gambar 3.43 Mikroskop struktur mikro	35
Gambar 3.44 Spesimen dengan tepian di dempul.....	35
Gambar 3.45 Mesin <i>Polishing</i>	36
Gambar 4.1 Skema Proses Perlakuan Panas	38
Gambar 4.2 Alat Uji Kekerasan Vickers.....	40
Gambar 4.3 Grafik Uji kekerasan material	40
Gambar 4.4 Hasil <i>re-growth Escherichia Coli</i>	42
Gambar 4.5 Hasil <i>re-growth Pseudomonas Fluorescens</i>	43
Gambar 4.6 Hasil <i>re-growth Thiobacillus Ferrooxidans</i>	44
Gambar 4.7 Foto mikro material <i>non aging treatment</i> sebelum di uji korosi.....	47
Gambar 4.8 Foto mikro material <i>non aging treatment</i> tanpa bakteri tampak atas.....	48
Gambar 4.9 Foto mikro material <i>non aging treatment</i> tanpa bakteri tampak bawah	48
Gambar 4.10 Foto mikro material <i>non aging treatment</i> dengan <i>E.Coli</i> tampak atas.....	49
Gambar 4.11 Foto mikro material <i>non aging treatment</i> dengan <i>E.coli</i> tampak bawah	50
Gambar 4.12 Foto mikro material <i>non aging treatment Pseudomonas</i> tampak atas	50
Gambar 4.13 Foto mikro material <i>non aging treatment Pseudomonas</i> tampak bawah	51
Gambar 4.14 Foto mikro material <i>non aging treatment Thiobacillus</i> tampak atas	52
Gambar 4.15 Foto mikro material <i>non aging treatment Thiobacillus</i> tampak bawah	52
Gambar 4.16 Foto makro material <i>non aging treatment</i> sebelum di uji korosi	53
Gambar 4.17 (i) Foto makro material <i>non aging treatment</i> setelah di uji korosi tampak atas (ii) Foto makro material <i>non aging treatment</i> setelah di uji korosi tampak bawah.....	54
Gambar 4.18 Foto mikro material <i>aging treatment</i> sebelum di uji korosi	55
Gambar 4.19 Foto mikro material <i>aging treatment</i> tanpa bakteri tampak atas.....	56
Gambar 4.20 Foto mikro material <i>aging treatment</i> tanpa bakteri tampak atas.....	56

Gambar 4.21 Foto mikro material <i>aging treatment</i> dengan <i>E.coli</i> tampak bawah	57
Gambar 4.22 Foto mikro material <i>non aging treatment</i> dengan <i>E.coli</i> tampak bawah	58
Gambar 4.23 Foto mikro material <i>aging treatment Pseudomonas</i> tampak atas	58
Gambar 4.24 Foto mikro material <i>aging treatment Pseudomonas</i> tampak bawah	59
Gambar 4.25 Foto mikro material <i>aging treatment Thiobacillus</i> tampak atas	60
Gambar 4.26 Foto mikro material <i>aging treatment Thiobacillus</i> tampak bawah	60
Gambar 4.27 Foto makro material <i>aging treatment</i> sebelum di uji korosi	61
Gambar 4.38(i) Foto makro material <i>aging treatment</i> setelah di uji korosi tampak atas (ii) Foto makro material <i>aging treatment</i> setelah di uji korosi tampak bawah	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Kandungan Kimia Aluminium AA 6063	5
Tabel 3.1 Komposisi Kimia Pengganti Air Laut	31
Tabel 4.1 Hasil Tes Kekerasan Material Uji	40

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Diagram Perhitungan Laju Korosi Material <i>Non Aging Treatment</i>	45
Grafik 4.2 Diagram Perhitungan Laju Korosi Material <i>Aging Treatment</i>	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Penggunaan logam aluminium dalam perkembangan teknologi dan industri maritim sebagai salah satu material penunjang memiliki peran yang cukup besar.

Aluminium dengan seri 6xxx diketahui memiliki kekuatan yang cukup tinggi apabila digunakan untuk struktur bangunan di lingkungan laut dan lebih tahan korosi jika dibandingkan dengan aluminium seri lainnya. Akan tetapi dalam pengaplikasiannya banyak faktor yang menyebabkan daya guna logam aluminium ini menurun. Salah satu penyebabnya adalah korosi.

Korosi merupakan kerusakan material yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan sekelilingnya. Korosi dapat menimbulkan banyak kerugian karena terjadi pengurangan dimensi yang relatif besar per satuan waktu dan juga mengurangi umur bangunan. Aluminium yang mengalami korosi erosi akan mengalami percepatan atau bertambahnya kerusakan yang disebabkan oleh gerakan relatif dan media korosif pada permukaan logam. Korosi dapat terjadi dengan cepat apabila tidak dilakukan pengendalian lingkungan maupun pencegahan.

Pada lingkungan laut laju korosi lebih cepat mengalami meningkat, hal tersebut dikarenakan air laut mengandung zat terlarut yang mampu melarutkan zat lain dalam jumlah yang lebih besar dari pada zat cair lainnya. Zat-zat terlarut meliputi garam-garam anorganik, senyawa organik yang berasal dari organisme hidup (bakteri) dan gas-gas terlarut. Salah satu penyebab terjadinya korosi adalah bakteri. Bakteri hidup di lingkungan laut secara luas pada habitatnya dan membentuk koloni lalu menempel pada permukaan logam dalam bentuk lapisan tipis. Faktor yang mempengaruhi terjadinya bio-korosi ialah temperatur, pH, dan kadar oksigen.

Korosi dapat terjadi dengan cepat apabila tidak dilakukan pengendalian lingkungan maupun pencegahan. Mengingat aluminium banyak di aplikasikan di industri maritim dan salah satu kegunaannya adalah untuk *body* kapal maka aluminium harus diberi perlakuan khusus untuk meningkatkan perlawanan pada korosi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana laju korosi material aluminium AA6063 terhadap pengaruh *Aging Treatment* dengan penambahan bakteri pada tiga salinitas (33 ‰, 35 ‰, 37 ‰) dan tanpa bakteri?
2. Bagaimana struktur mikro material aluminium AA6063 sebelum dan setelah diuji korosi?
3. Bagaimana kesimpulan dari hasil penelitian mengenai jenis bakteri mana yang cukup korosif terhadap spesemen uji?

1.3 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan data laju korosi material aluminium terhadap pengaruh *aging Treatment* dengan penambahan bakteri pada tiga salinitas (33 ‰, 35 ‰, 37 ‰) dan tanpa bakteri.
2. Mendapatkan data struktur mikro material aluminium AA6063 sebelum dan sesudah diuji korosi.
3. Mendapatkan kesimpulan dari hasil penelitian mengenai jenis bakteri mana yang cukup korosif terhadap spesemen uji.

1.4 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini di harapkan dapat diketahui pengaruh *aging treatment* terhadap laju korosi material aluminium dengan penambahan bakteri maupun tanpa penambahan bakteri, sehingga dapat membandingkan ketahanan korosi antara aluminium dengan *aging treatment* atau aluminium tanpa *aging treatment* selain itu dapat mengetahui bakteri mana yang paling korosif, serta dapat dijadikan refrensi untuk aplikasi aluminium di dunia kelautan.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium AA6063.
2. Bakteri yang gunakan dalam penelitian ini, antara lain : *Escherichia coli* *Pseudomonas fluorescens*, dan *Thiobacillus ferrooxidans*.
3. Material di panaskan dengan metode *solution treatment* dan *aging treatment*.
4. percobaan dilakukian pada spesimen yang terbenam seluruhnya di bawah medium penguji (air laut buatan, salinitas 33 ‰, 35 ‰, 37 ‰).
5. Pada penelitian ini, perhitungan jumlah bakteri menggunakan metode Turbiditri.
6. Perhitungan laju korosi dalam penelitian ini menggunakan metode *weight loss*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian tentang biokorosi maupun *aging treatment* pada saat ini sudah banyak dilakukan. Banyak penelitian yang membahas tentang jenis-jenis mikroba yang dapat mengakibatkan korosi dan mekanisme terjadinya biokorosi. *Microbiologically influenced corrosion* (MIC) atau *biocorrosion phenomenon* adalah masalah serius pada lingkungan perairan dan banyak industri. Penelitian lain yang membahas tentang biokorosi dan *aging treatment* adalah Beech, I.B., C. Gaylarde (1999) dalam penelitiannya membahas tentang peran mikroorganisme terhadap proses korosi. Pratikto, Herman, dan Hermin S, (2016) dalam penelitiannya juga membahas tentang pengaruh mikroba *pseudomonas fluorescens* terhadap korosi aluminium dalam tiga salinitas berbeda yaitu 33 ‰, 35 ‰, 37 ‰.

Sedangkan untuk penelitian yang membahas tentang *aging treatment* pernah dilakukan oleh Zulfia, anne, dkk (2010) dalam penelitiannya membahas tentang proses penuaan (*aging*) pada paduan aluminium AA333. Begitu juga dengan Pratikto, Herman (2015) dalam penelitiannya membahas tentang pengaruh *aging treatment* untuk meningkatkan perlawanan erosi-korosi logam aluminium AA6063 untuk aplikasi kelautan.

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Aluminium

Aluminium merupakan logam yang cukup penting dalam kehidupan manusia karena sering digunakan sebagai alat-alat industri. Dalam industri kelautan aluminium biasanya digunakan untuk *body* kapal seperti pada lambung kapal bagian keel dan *helipad*.

Aluminium merupakan unsur kimia golongan IIIA dalam sistim periodik unsur dengan nomor atom 13 dan berat atom 26,98 gram per mol (sma). Aluminium juga merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik, hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat baik lainnya sebagai logam.

2.2.2 Aluminium AA6063

Aluminium AA6063 sering digunakan untuk *body* kapal yang sebagian besar terdiri dari paduan magnesium (Mg) dan silikon (Si). Logam ini memiliki sifat mekanik yang baik dan memiliki permukaan yang halus sehingga cocok untuk anodizing. Untuk lebih jelasnya kandungan yang terdapat pada aluminium AA6063 dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Tabel kandungan kimia Aluminium AA6063

Unsur	% Persen
Si	0.532 ± 0.157
Fe	0.251 ± 0.009
Cu	0.017 ± 0.003
Mg	0.440 ± 0.008
Mn	0
Cr	0.005 ± 0.001
Zn	0.284 ± 0.345
Ti	0.026 ± 0.006
Co	0.008 ± 0.007
Al	balance

Sumber : Internasional Journal of ChemTech Research, 2016

2.2.3 Korosi

2.2.3.1 Definisi

Korosi merupakan peristiwa pengrusakan logam secara alami yang disebabkan oleh interaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Proses elektrokimia ialah proses korosi yang terjadi karena adanya elektrolit dan perbedaan potensial antara dua permukaan logam yang mengakibatkan permukaan berpotensi lebih rendah teroksidasi, dengan demikian terjadilah korosi. Dalam hukum *Thermodynamis* dikatakan bahwa logam yang biasa kita gunakan memiliki sifat bawaan yang berpotensi untuk berubah kembali dirinya ke bentuk yang lebih stabil. Sifat bawaan ini merupakan sifat yang tidak dapat dirubah, bahwa logam yang telah kita buat akan kembali lagi ke bentuk non-logam sebagaimana logam tersebut berasal. Rusaknya suatu material pada suatu struktur dapat mengakibatkan banyak kerugian ekonomis dan teknis, sebagai contoh kerugian tersebut adalah menurunnya fatigue life, tensile strength dan berkurangnya sifat mekanis material lainnya yang dapat berujung pada kegagalan struktur.



Gambar 2.1 Segitiga Korosi (Energy Institute, 2008)

Suatu bahan bakar akan membutuhkan oksigen dan energi untuk dapat terbakar, serupa dengan keadaan tersebut, sebuah logam membutuhkan air dan *corrodent* untuk memunculkan Korosi Aqueous (Corrosion Aqueous).

Air yang dapat menimbulkan korosi dapat berasal dari embun, air laut dan air hujan (untuk kasus korosi eksternal), air sisa produksi (untuk kasus korosi internal pada sistem pemrosesan hidrokarbon), atau juga air laut (untuk kasus injeksi laut). Sedangkan untuk *corrodent* pada umumnya antara lain adalah oksigen – atmospheric corrosion dari struktur besi, korosi internal dari sistem pengairan.

2.2.3.2 Jenis Korosi

Berdasarkan penyebabnya, korosi dapat dibedakan menjadi :

1. Korosi Homogen, korosi ini merupakan jenis korosi yang umum terjadi pada konstruksi logam. Jenis ini biasanya dikategorikan menurut reaksi *electro-chemical* yang secara homogen terjadi karat pada seluruh bagian material yang terbuka.
2. Korosi Celah (*crevice corrosion*), yaitu korosi yang sering terjadi pada celah dan permukaan tertutup lainnya dari suatu logam yang terlatak pada media korosi.
3. Korosi Galvanik, yaitu korosi yang terjadi antara dua logam yang berbeda potensial dalam satu elektrolit. Logam yang mempunyai tahanan korosi kecil (anodik) akan tererosi.
4. Korosi Biologi, yaitu proses korosi pada logam sebagai akibat langsung maupun tidak langsung dari aktivitas organisme hidup, baik mikroorganisme maupun makroorganisme.
5. Korosi Tegangan (*stress corrosion*), yaitu korosi yang terjadi akibat tegangan tarik dan media korosif secara bersamaan.
6. Korosi Batas Butir (*intergranular corrosion*), yaitu korosi yang terjadi pada batas butir yang merupakan tempat mengumpulnya impurty atau presipitat.
7. Korosi Sumuran (*pitting corrosion*), yaitu korosi yang terjadi akibat adanya sistem anoda pada logam yang terdapat konsentrasi ion Cl^- yang tinggi.
8. Korosi Erosi (*erosion corrosion*), Yaitu korosi yang disebabkan oleh gerakan relatif antara fluida korosif dan permukaan metal.

2.2.3.3 Korosi Mikrobiologi

Korosi mikrobiologi adalah korosi akibat aktivitas mikroba. Pada awalnya korosi oleh bakteri tidak dipandang serius, sampai pada suatu ketika serangan mikroba semakin tinggi dan menyerang suatu *stainless steel* sehingga para industriawan menyadari serangan tersebut. Oleh karena itu korosi oleh bakteri menjadi suatu pertimbangan serius di bidang industri minyak dan gas, proses kimia dan transportasi.

Mikroba merupakan suatu mikroorganisme yang hidup di lingkungan secara luas pada habitat-habitatnya dan membentuk koloni yang permukaannya kaya akan air, nutrisi dan kondisi fisik yang memungkinkan pertumbuhan mikroba terjadi pada rentang suhu yang panjang. Mikroorganisme yang mempengaruhi korosi antara lain bakteri, jamur, alga dan protozoa. Mikroorganisme pada umumnya langsung menempel pada permukaan logam dalam bentuk lapisan tipis biodeposit. Mikroorganisme dikategorikan berdasarkan kadar oksigen yaitu :

1. Jenis anaerob, berkembang biak pada kondisi tidak adanya oksigen.
2. Jenis aerob, berkembang biak pada kondisi kaya oksigen
3. Jenis anaerob fakultatif, berkembang biak pada dua kondisi.
4. Mikroaerofil, berkembang biak menggunakan sedikit oksigen.

Fenomena korosi yang terjadi dapat disebabkan adanya keberadaan dari bakteri sebagai berikut :

1. Bakteri reduksi sulfat

Bakteri ini merupakan jenis bakteri anaerob yang membutuhkan lingkungan bebas oksigen atau lingkungan reduksi. Bakteri ini tumbuh pada daerah kanal, pelabuhan, daerah air tenang tergantung pada lingkungannya. Bakteri ini mereduksi sulfat menjadi sulfid, beberapa turunan dapat berfungsi sebagai fermenter menggunakan campuran organik seperti pyruvate untuk memproduksi asetat, hidrogen dan CO₂, banyak bakteri jenis ini berisi enzim hidrogenase yang mengkonsumsi hidrogen.

2. Bakteri oksidasi sulfur-sulfida

Bakteri jenis ini merupakan bakteri aerob yang mendapatkan energi dari oksidasi sulfit atau sulfur. Beberapa tipe bakteri aerob dapat teroksidasi sulfur menjadi asam sulfurik dan pH menjadi 1. Bakteri *Thiobacillus* umumnya ditemukan di deposit mineral dan menyebabkan drainase tambang menjadi asam.

3. Bakteri besi mangan oksida

4. Bakteri memperoleh energi dari oksidasi Fe^{2+} atau Fe^{3+} dimana deposit berhubungan dengan bakteri korosi. Bakteri ini hampir selalu ditemukan di Tubercle (gundukan Hemispherikal berlainan) di atas lubang pit pada permukaan baja.

Masalah biokorosi di dalam suatu sistem lingkungan mempunyai beberapa variabel-variabel yaitu :

1. Temperatur, umumnya kenaikan suhu dapat meningkatkan laju korosi tergantung karakteristik mikroorganisme yang mempunyai suhu optimum untuk tumbuh.
2. Kecepatan alir, jika kecepatan alir biofilm rendah akan mudah terganggu sedangkan kecepatan alir tinggi menyebabkan lapisan lebih tipis dan padat.
3. Pada umumnya pH bulk air dapat mempengaruhi metabolisme mikroorganisme.
4. Kadar oksigen, banyak bakteri membutuhkan O_2 untuk tumbuh, namun pada organisme fakultatif jika O_2 berkurang maka dengan cepat bakteri ini mengubah metabolisme nya menjadi bakteri anaerob.
5. Kebersihan, dimaksud air yang kadar endapan padatan rendah, padatan ini menciptakan keadaan di permukaan untuk tumbuhnya mikroba.

2.2.3.4 Prinsip Terjadinya Korosi

Pada prinsipnya korosi tidak hanya terjadi pada logam, tetapi bisa juga terjadi pada nonlogam, sebagai contoh lapuknya peralatan berbahan kayu, kendornya karet dan lunturnya warna cat akibat sinar matahari. Sedangkan korosi pada logam dibedakan menjadi dua yaitu korosi basah dan korosi kering. Korosi

kering terjadi pada gas/logam dan air yang tidak banyak mempengaruhi reaksi yang terjadi. Sedangkan pada korosi basah alat penghubungnya adalah metal/solution. Sedangkan berdasarkan bentuknya, korosi dibedakan menjadi dua, yaitu korosi general dan terpusat (fontana, 1986).

Faktor-faktor yang mempengaruhi cepat atau lambatnya suatu proses korosi adalah sebagai berikut:

A. Material Konstruksi

Material yang digunakan dalam konstruksi memiliki nilai mendasar dalam menentukan umur dan kekuatan dari konstruksi. Pemilihan material yang sesuai dapat mengurangi dampak dari korosi.

B. Kondisi Lingkungan atau Media

Kondisi lingkungan dimana material konstruksi akan dibuat juga harus dipertimbangkan. Material yang digunakan untuk air laut dan air tawar.

C. Fungsi Korosi

Material yang akan digunakan untuk operasi suhu tinggi akan berbeda dengan operasi suhu rendah sehingga akan memiliki perlakuan berbeda dalam pertimbangan menentukan material di awal.

2.2.3.5 Laju Korosi

Laju korosi adalah tebal material yang hilang tiap satu satuan waktu yang disebabkan oleh adanya korosi. Pada umumnya perhitungan laju korosi bisa dilakukan menggunakan 2 metode yaitu metode kehilangan berat (*weight loss*), dan elektrokimia. Penjelasan kedua metode tersebut adalah sebagai berikut:

a. Metode kehilangan berat (*weight loss*)

Metode ini bekerja dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi yang terjadi. Perhitungan laju korosinya menggunakan rumus berdasarkan ASTM G31-7

$$\text{Laju Korosi (mpy)} = \frac{K W}{D A T} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan:

- W = Kehilangan berat (mg)
K = konstanta (mpy = $3,45 \times 10^6$)
D = Kerapatan benda uji (g/cm^3)
A = Luas permukaan yang terkorosi (m^2)
T = Waktu exposure (jam)

Metode yang digunakan pada persamaan diatas adalah dengan pengukuran spesimen awal dan pengukuran spesimen yang telah di uji korosi, berkurangnya berat dari berat awal material merupakan nilai kehilangan berat. Sehingga kekurangan beart ini dimasukkan ke dalam persamaan untuk mendapatkan laju kehilangan berat. Metode ini merupakan metode yang paling sering digunakan dalam mencari laju korosi karena merupakan metode yang akurat dan paling mudah untuk dilakukan.

b. Metode Elektrokimia

Metode elektrokimia adalah metode untuk mengukur laju korosi dengan mengukur beda potensial ojek hingga didapat laju korosi yang terjadi. Kelemahan metode ini adalah tidak menggambarkan secara pasti laju korosi secara pasti laju korosi yang terjadi secara akurat karena hanya dapat mengukur laju korosi hanya pada waktu tertentu saja. Kelebihan metode ini dapat langsung mengetahui laju korosi pada saat di ukur, hingga waktu pengukuran tidak memakan waktu yang lama.

Rumus untuk menghiung laju korosi berdasarkan Hukum Faraday (ASTM-90 vol 3.2 2002):

$$\text{Laju Korosi} = k \frac{ai}{nD} \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana: laju korosi dengan satuan mm/year atau mmpy

- a = berat atom logam yang terkorosi (gram/mol)
i = i_{kor} = kerapatan arus ($\mu\text{A/cm}^2$)

- k = konstanta (0,129 untuk satuan mpy dan 0,00327 (mmpy))
- n = jumlah elektron yang dilepas pada logam terkorosi
- D = massa jenis logam terkorosi (gram/cm³)

2.2.4 Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Salah satu perlakuan panas pada logam aluminium adalah dengan *age hardening*. *Age hardening* dapat membuat logam aluminium memperoleh kekuatan dan kekerasan yang lebih baik. Pada logam aluminium, *age hardening* dibedakan atas *age hardening* dalam keadaan dingin dan *age hardening* dalam keadaan panas. *Age hardening* berlangsung dalam tiga tahap yaitu:

a. Tahap Perlakuan Panas Pelarutan (*Solution Heat Treatment*)

Tahap pertama dalam proses *age hardening* yaitu *solution heat treatment* atau perlakuan panas pelarutan. *Solution heat treatment* adalah pemanasan logam aluminium dalam dapur pemanas dengan temperatur 550°C-560°C dan dilakukan penahanan atau holding sesuai dengan jenis dan ukuran benda kerja (Schonmetz,1985). Pada tahap *solution heat treatment* terjadi pelarutan fasa-fasa yang ada menjadi larutan padat. Tujuan dari *Solution Heat Treatment* ialah untuk mendapatkan larutan padat yang mendekati homogen.

b. Tahap Pendinginan cepat (*Quenching*)

Quenching dilakukan dengan cara mendinginkan logam yang telah dipanaskan dalam dapur pemanas ke dalam media pendingin. Pendinginan dilakukan secara cepat dan pada umumnya mendekati temperatur ruang. Tujuan dari *quenching* agar larutan padat homogen yang terbentuk pada *solution heat treatment* dan kekosongan atom dalam keseimbangan termal pada temperatur tinggi tetap pada tempatnya. Pada tahap *quenching* akan menghasilkan larutan padat lewat jenuh (*Super Saturated Solid Solution*) yang merupakan fase tidak stabil pada temperatur biasa atau temperatur ruang. (Tata Surdia dan Shinroku Saitu, 1992).

c. Tahap Penuaan (*Aging Treatment*)

Setelah *solution heat treatment* dan *quenching* tahap selanjutnya dalam proses *age hardening* adalah *aging treatment*. Perubahan sifat-sifat dengan jalannya waktu pada umumnya dinamakan *aging* atau penuaan. *Aging* pada paduan aluminium dibedakan menjadi dua, yaitu: penuaan alami (*natural aging*) dan penuaan buatan (*artificial aging*).

Penuaan alami (*natural aging*) adalah penuaan untuk paduan aluminium yang di *age hardening* dalam keadaan dingin. *Natural aging* berlangsung pada temperatur ruang antara 15°C-25°C dan dengan waktu penahanan 5 sampai 8 hari. Penuaan buatan (*artificial aging*) adalah penuaan untuk paduan aluminium yang di *age hardening* dalam keadaan panas. *Artificial aging* berlangsung pada temperatur antara 100°C-200°C dan dengan waktu penahanan antara 1 sampai 24 jam. (Schonmetz, 1985).

Pada tahap artifial aging dalam proses *age hardening* dapat dilakukan beberapa variasi perlakuan yang dapat mempengaruhi hasil dan proses *age hardening*. Salah satu variasi tersebut adalah temperatur *artificial aging*. Temperatur *artificial aging* dapat ditetapkan pada temperatur saat pengkristalan logam aluminium (150°C), dibawah temperatur pengkristalan atau diatas temperatur pengkristalan logam aluminium. (Schonmetz, 1990). *Artificial aging* berlangsung pada suhu antara 100°C-200°C

Pengambilan temperatur artifial aging pada temperatur antara 100°C-200°C akan berpengaruh pada tingkat kekerasan sebab pada proses *artificial aging* akan terjadi perubahan-perubahan fasa atau struktur. Perubahan tersebut akan memberikan sumbangan terhadap pengerasan.

2.2.5 Bakteri yang digunakan

Bakteri yang digunakan dalam penelitian ini adalah bakteri *Escherichia coli*, *Pseudomonas Fluorescens*, dan *Thiobacillus ferrooxidans*.

a. *Escherichia coli*

Bakteri *Escherichia coli* merupakan organisme uniseluler, prokariotik, dan biasanya tidak memiliki klorofil. Bakteri ini berukuran 0,5-1 x 2-5 µm,

memiliki bentuk yang beranekaragam yaitu kokus (bulat), basil (batang), dan spirilia (spiral). *Escherichia coli* pertama kali ditemukan oleh seorang *bacteriologist* yang berasal dari Jerman bernama Theodor Von Escherich pada tahun 1885. Secara ilmiah *E. Coli* adalah penghuni umum dalam pencernaan manusia dan hewan (Melliwati, 2009).



Gambar 2.2 Bakteri *Escherichia coli* (astrographic, 2007)

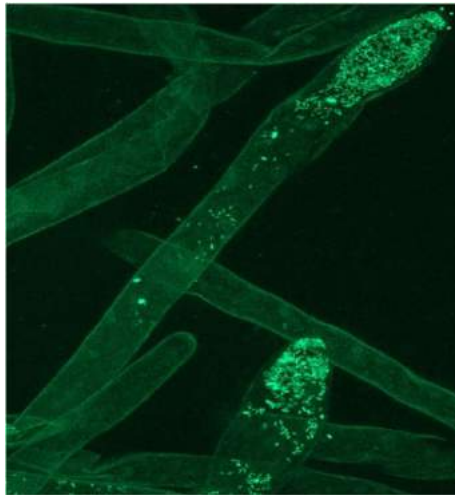
Bakteri ini juga berinteraksi secara interspesies dengan manusia, tumbuhan dan hewan. Dalam interaksinya dengan manusia, bakteri ini ada yang bersifat merugikan seperti menyebabkan diare, kolera dan berbagai penyakit pada saluran pencernaan, tetapi ada juga yang tidak merugikan manusia.

D. coli dalam aktivitas metabolitnya menghasilkan produk asam organik, pigmen, ligan dan H_2S yang dapat menghilangkan (remove) ion-ion logam berat dari larutan dan merubah menjadi spesies yang kurang toksik. Bakteri ini telah terbukti mampu menghilangkan Hg^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} dari limbah, tanah dan sedimen atau larutan yang tercemar logam berat tersebut (Chen dan Wilson, 1997).

b. *Pseudomonas Fluorescens*

Pseudomonas flourescens adalah sekelompok aerob yang memanfaatkan oksigen sebagai penerima elektron. beberapa spesies juga menggunakan nitrat sebagai alternatif penerima elektron dalam respirasi anaerobik, dan karena itu dapat tumbuh dengan anaerobik. *Pseudomonas* merupakan salah satu genus dari Famili Pseudomonadaceae. Bakteri ini berbentuk batang lurus atau lengkung, ukuran tiap sel bakteri 0,5 x 1-4 μ m.

P. fluorescens mengeluarkan pigmen hijau, merah hijau, merah jambu, dan kuning terutama pada medium yang kekurangan unsur besi. *P. fluorescens* membentuk pigmen berpendar yang dikenal dengan nama fluorescein. Pyoverdine terdiri atas peptide 5-8 asam amino dan kromofor turunan kuinolin yang berberat molekul sekitar 1.000. Pyoverdine mempunyai kemampuan sebagai senyawa pengikat besi dan pengangkut besi.



Gambar 2.3 Bakteri *Pseudomonas flourescens* (wikipedia, 2011)

P. fluorescens resisten tertiadap logam berat seperti Pb, Cd dan Cr, mampu menurunkan toksisitas Cr⁶⁺ menjadi Cr³ yang kurang toksik. Bakteri ini menghasilkan produk metabolit seperti asam organik dan metabolit lain seperti H₂S dan ligan yang dapat menghilangkan (*remove*) ion-ion logam berat dari larutan dan atau merubah menjadi spesies yang kurang toksik, bakteri tersebut juga telah bertiasil digunakan dalam meremediasi ion kadmium dalam larutan (Ishak Isa, dkk, 2013)

c. *Thiobacillus ferrooxidans*

Thiobacillus ferrooxidans merupakan kelompok Proteobacteria uniseluler pengoksidasi sulfur pada genera *Thiobacillus* yang bersifat *Chemolithotrophs* dengan selnya berbentuk batang (0,5- 4,0 mikrometer), dan berflagel polar, (Holt et.al, 1994). *Chemolithotrophs* (kemoautotrof) adalah organisme yang memanfaatkan energi dari reaksi kimia untuk membuat makanan sendiri dari bahan atau senyawa anorganik. Senyawa yang digunakan oleh bakteri *Thiobacillus* adalah senyawa sulfur dan besi yang dalam prosesnya bakteri ini membutuhkan oksigen.



Gambar 2.3 Bakteri *Thiobacillus ferrooxidans*

(bakteri-m-tb.jpg.dweeza.blogspot.com, 2001)

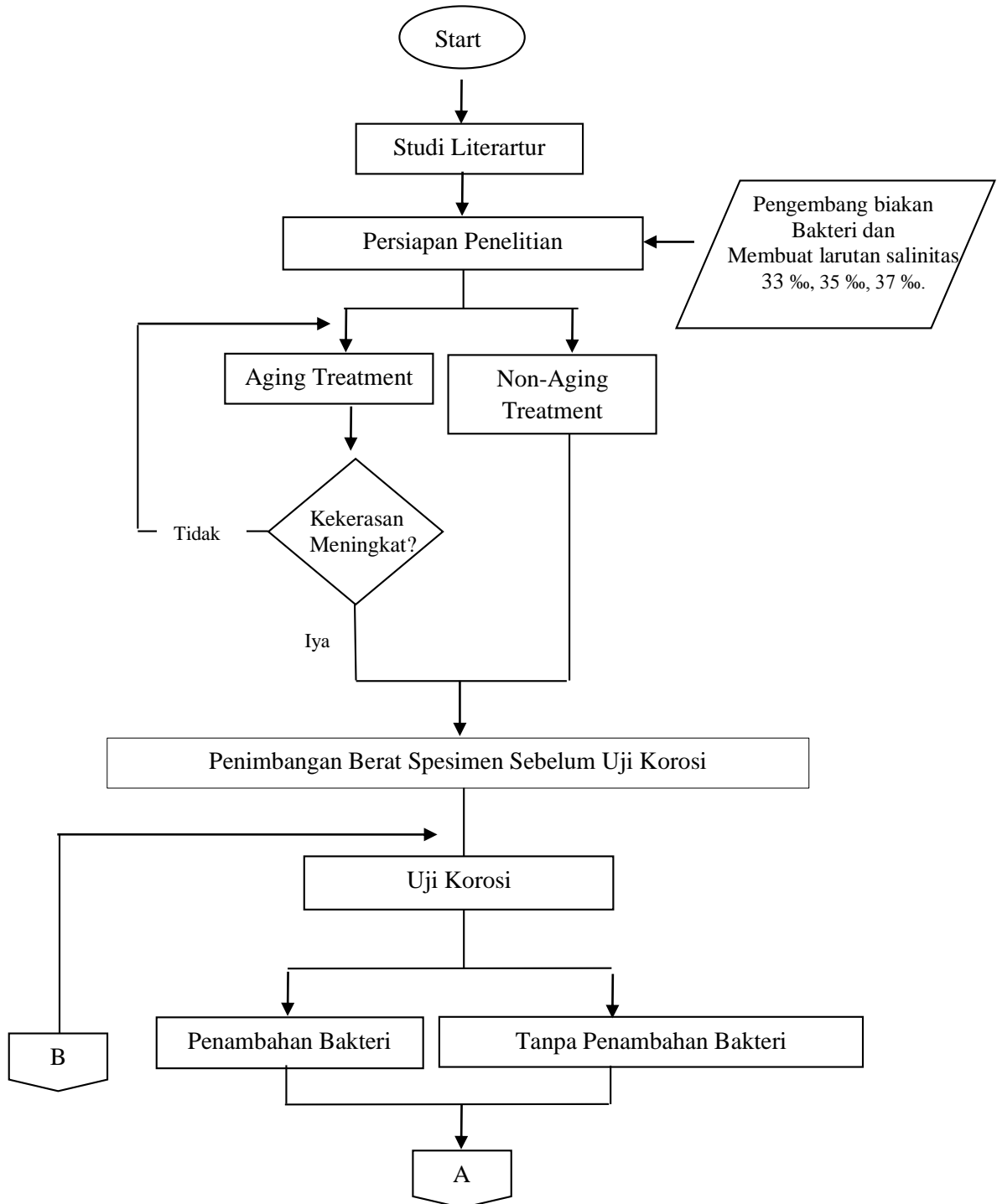
Thiobacillus banyak tersebar di laut, perairan, dan tanah terutama tempat dimana komponen sulfur melimpah seperti pada sumber sulfur, mineral sulfid, simpanan sulfur, daerah pengolahan limbah dan sumber gas yang mengandung sulfur. Spesies *Thiobacillus* dapat dijumpai di tanah vulkanik yang bersifat asam, sungai atau aliran air di sekitar pertambangan.

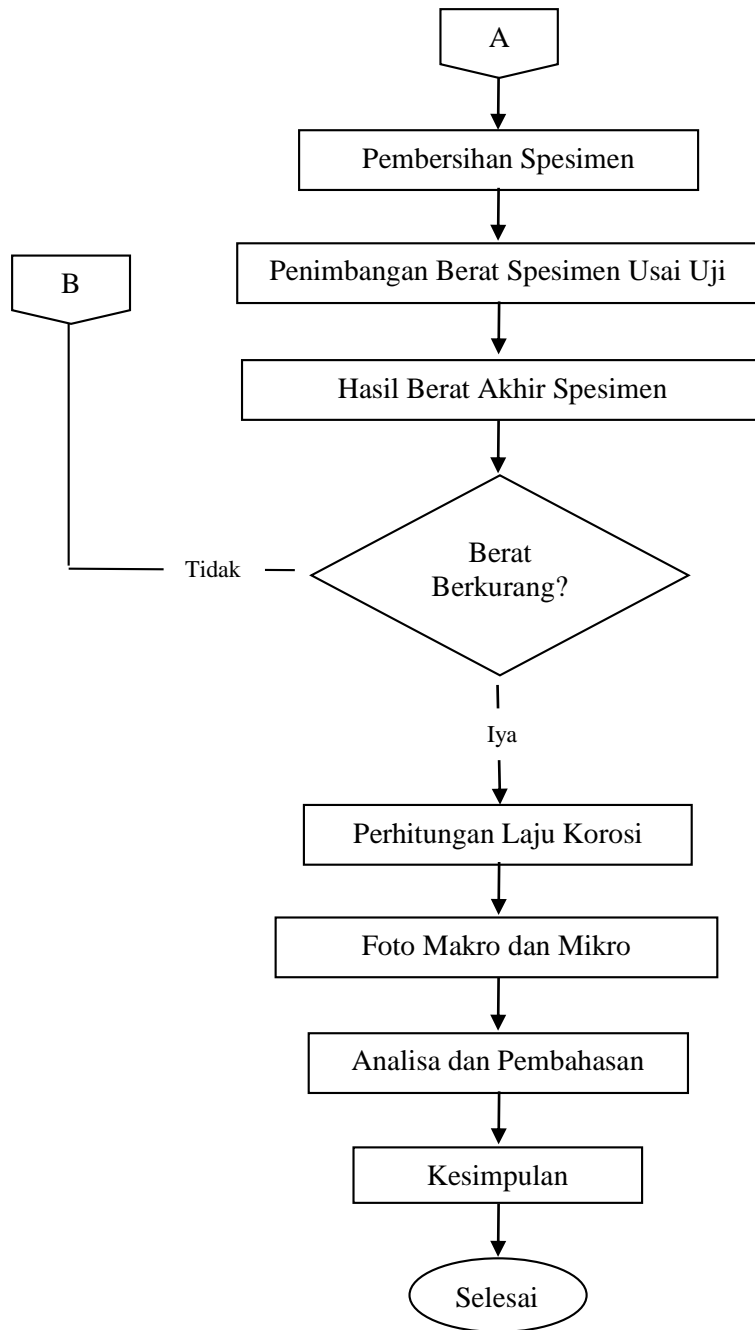
Thiobacillus ferrooxidans adalah bakteri pelepas logam yang paling banyak diteliti, berbentuk batang kecil, menyukai tempat yang sangat asam dengan pH optimum berkisar antara 1,5-2,5. Bakteri ini mampu mendapatkan energi dari oksidasi besi ferro (Fe^{2+}) menjadi ferri Fe^{3+} dan dengan mengoksidasi bentuk tereduksi sulfur menjadi asam sulfat

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari dan memahami literatur seperti tugas akhir alumni, jurnal, serta buku yang berkaitan dengan rumusan masalah, dasar teori serta data-data mengacu pada tugas akhir ini.

3.2.2 Persiapan Penelitian

Pada tahap persiapan penelitian, yang dilakukan pertama kali adalah mempersiapkan prosedur kerja untuk pengujian laju korosi pada material aluminium. Prosedur kerja yang harus disiapkan meliputi persiapan peralatan dan bahan penelitian.

I. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini antara lain :

- | | |
|----------------------|---------------------|
| a. Senar | o. Kapas lemak |
| b. Gunting | p. Kertas coklat |
| c. Spatula | q. Karet |
| d. Gelas ukur | r. Cawan petri |
| e. Beaker glass | s. Spektrofotometer |
| f. Tabung elenmeyer | t. inkubator |
| g. Tibangan Digital | u. Tisu |
| h. Pipet tetes | v. Furnace |
| i. Auto clave | w. Kertas Amplas |
| j. Bunsen | |
| k. Jarus ose | |
| l. Korek api | |
| m. Centrifuge | |
| n. Tabung centrifuge | |

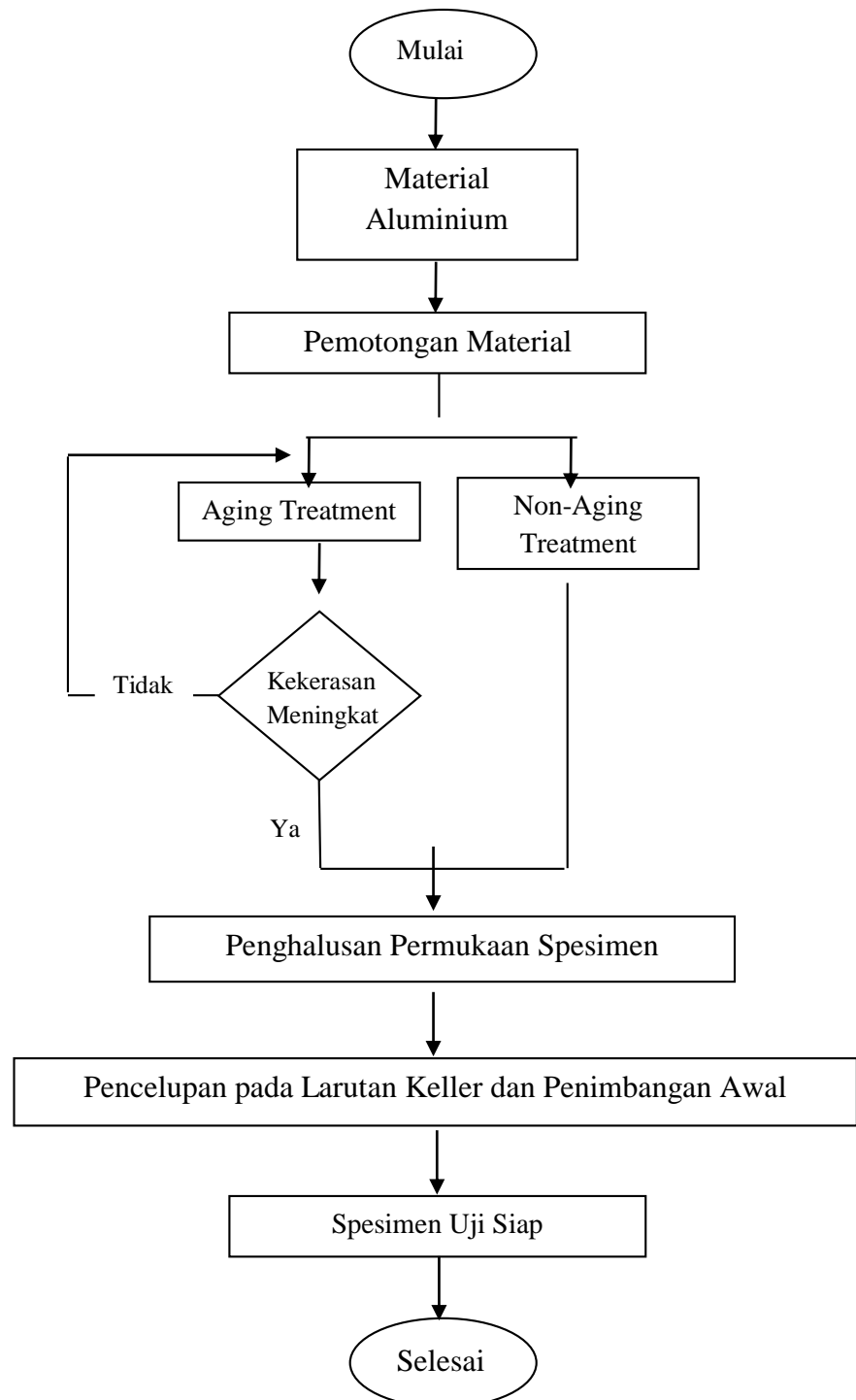
II. Bahan Penelitian

Beberapa bahan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Spesimen uji : aluminium AA 6063
2. NaCl
3. Larutan Keller
4. Aquades
5. Natrium Agar
6. Natrium Borth
7. Bakteri : *E. Coli*, *Pseudomonas Fluorescens*, *Thiobacillus ferroxidans*.

3.2.3 Persiapan Spesimen Uji

Spesimen yang digunakan dalam percobaan tugas akhir ini adalah Aluminium AA 6063. Tahapan persiapan spesimen yang dilakukan dapat dilihat pada diagram alir berikut.



Gambar 3.2 Diagram Alir Persiapan Spesimen

Proses pada diagram alir akan dijelaskan lebih lanjut dibawah ini :

1. Pemotongan Material

Menurut penelitian Herman dan Titah (2016) yang berdasarkan *American Society of Mechanical Engineers* (ASME), material dipotong dengan luas area $+2\text{cm}^2$. Dalam penelitian ini material berbentuk silinder berdiameter $\pm 1\text{mm}$ yang dipotong dengan ketebalan 1-2 mm.

Proses pemotogan dilakukan di Lab Metalurgi jurusan Teknik Mesin ITS, setelah dipotong pinggiran material di bersihkan keraknya dan dihaluskan agar rata dan tidak tajam, sehingga korosi tidak berkonsentrasi pada bagian tersebut.

2. Proses Heat Treatment

Berdasarkan ASM (1991), Technical Data, Aluminium 6063-T6, diperoleh suhu *solution heat treatment* $535\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan suhu penuaan buatan (*artificial aging*) $200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tujuan dilakukan aging treatment adalah untuk menghomogenkan material aluminium. Material di *solution heat treatment* selama 6 jam kemudian di quenching dengan menggunakan air agar tidak mengubah struktur mikro yang terbentuk dari proses *solution heat treatment*. Setelah itu material di *aging treatment* selama 5 jam dengan suhu 200 kemudian material di diamkan pada suhu kamar. Proses pemanasan menggunakan furnace yang dilakukan dilaboratorium Metalurgi jurusan Teknik Mesin ITS.

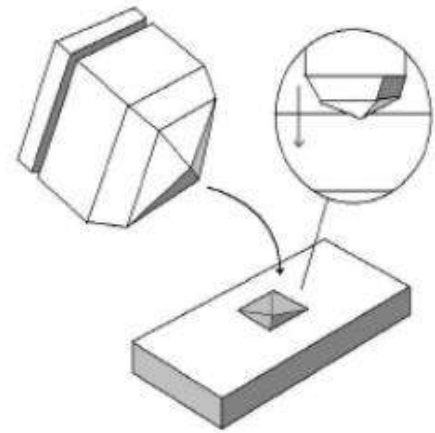


Gambar 3.21 Furnace

3. Proses Pengujian Kekerasan



i

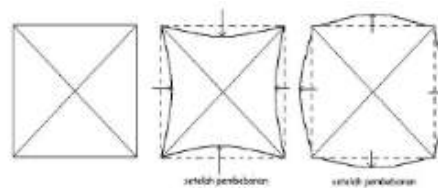


ii

Gambar 3.22 (i) Alat Uji Kekerasan Vickers (ii) Skema Uji kekerasan

Pada metode ini digunakan indenter intan berbentuk piramida dengan sudut 136° . Prinsip pengujiannya sama dengan metode Brinnell, tetapi jejak yang dihasilkan berbentuk bujur sangkar berdiagonal. Pengujian metode Vickers akan memberikan dampak hasil yang berbeda-beda tergantung pada elastisitas material. Apabila material lunak atau keelastisannya tinggi, maka hasil ingentasi akan menipis. Dan pada matarial yang kaku, maka akan berbentuk mengembung.

Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan Kapal jurusan Teknik Perkapalan. Pada alat yang terdapat di Laboratorium Teknik Perkapalan ini kekuatan maksimalnya mencapai 1 kg.



Gambar 3.23 Distorsi oleh indenter pyramid intan karena efek elastisitas;
Indensitas sempurna (b) Indensitas mengempis (c) Indensitas mengembung
(Metode Pengujian kekerasan, 2010)

4. Penghalusan Permukaan Spesimen



Gambar 3.24 Kertas Amplas

Spesimen dihaluskan menggunakan kertas amplas nomor #80, #400, #800, #1500 yang bertujuan untuk menghilangkan kerak pada spesimen dan untuk lebih memperhalus permukaan spesimen



Gambar 3.25 Material Setelah di Haluskan

5. Spesimen dicelupkan pada larutan keller dan Penimbangan Berat Awal

Setelah spesimen dibersihkan maka langkah selanjutnya adalah pembersihan dan penimbangan berat awal. Spesimen dicelupkan dikeringkan dengan hairdrayer dan ditimbang menggunakan timbangan digital yang bertujuan untuk mengetahui berat awal spesimen



Gambar 3.26 Timbangan Digital

3.2.4 Persiapan Bakteri

Penumbuhan bakteri dilakukan di laboratorium jurusan Teknik Lingkungan. Bakteri di inokulasi pada media yang sesuai agar dapat berkembang dan bakteri yang digunakan adalah bakteri yang berumur kurang lebih 24 jam (Pratikto dan Titah, 2016)

3.2.4.1 Tahapan *re-growth* isolat bakteri (penumbuhan bakteri kembali)

1. Pertama adalah menyiapkan bakteri induk serta media berupa NA (Nutrient Agar) dan NB (Nutrient Broth) lalu setelah itu dilakukan sterilisasi pada media beserta peralatan yang akan digunakan di dalam *autoclave*.



i



ii



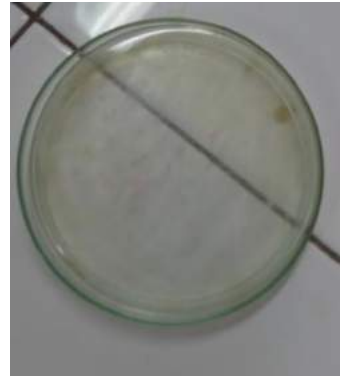
iii



iv



v



vi

Gambar 3.27 (i) NA powder, (ii) NB powder, (iii) Autoclave,

(iv) Bakteri Induk, (v) Media NB (vi) Media NA

2. Jarum ose yang akan digunakan dipanaskan hingga membara kemudian di angin- anginkan selama beberapa detik.



Gambar 3.28 Pemanasan jarum ose pada bunsen

3. Penutup pada tabung yang berisi bakteri induk dibuka lalu dilewatkan pada api.
4. Diambil ose bakteri induk dengan cara menggoreskan jarum ose pada bakteri induk.
5. Setelah selesai mulut tabung dilewatkan pada api kembali dan ditutup dengan kapas lemak.
6. Penutup pada NA dibuka kemudian dilewatkan pada api.
7. Jarum ose yang sudah mengandung bakteri digoreskan pada media NA dengan cara di membentuk zig-zag.

8. Setelah selesai media NA di lewatkan pada api lalu ditutup kemabali.
9. Semua perlakuan tahap 1-8 harus dilakukan dengan dekat api (maksimum 20 cm dari api).
10. Media NA yang sudah ditanam bakteri dimasukan kedalam inkubator bersuhu 37°selama 24 jam



Gambar 3.29 inkubator

11. Setelah 24 jam bakteri siap digunakan dalam penelitian

3.2.4.2 Tahapan inokulasi bakteri (pemindahan bakteri ke media uji).

1. Bakteri yang telah di inokulasi pada media NA sebelumnya digunakan setelah waktu 24 jam. Di ambil sebanyak 5 ose kemudian dipindahkan kedalam media NB yang berada pada tabung erlenmeyer berukuran 250 ml.



Gambar 3.30 Media NB

- Setelah itu media NB yang telah berisikan bakteri di *shaker* dengan 150 rpm selama ± 4 sampai 5 jam.



Gambar 3.31 Media NB diaduk menggunakan media shaker

- Setelah dishaker, di ambil sebanyak 50 ml media NB yang masing-masing telah ditumbuhi bakteri yang selanjutnya akan dipindahkan kedalam tabung *centrifuge*.



Gambar 3.32 Tabung *centrifuge* berisi bakter

- dilakukan proses centrifugasi selama 15 menit dengan jumlah putaran sebanyak 4000rpm yang bertujuan untuk mengendapkan koloni bakteri dari larutan.



Gambar 3.33 *Centrifuge*

5. Larutan yang tidak mengandung bakteri dibuang dalam tabung *centrifuge*.
6. Setiap endapat bakteri pada tabung *centrifuge* di cuci dengan air salin 8,5 % (NaCl) steril sebanyak dua kali.
7. Hasil dari pencucian bakteri kemudian ditambahkan dengan air saling 8,5 % (NaCl) steril sebanyak 30 ml, kemudia dikocok manual hingga tercampur dengan masing-masing endapan bakteri.



Gambar 3.34 Pellet bakteri yang sudah ditambahkan air salin

8. Diukur nilai *Optical Density* (OD) dengan spektrofotometer yang memiliki panjang gelombang 600 nm.



Gambar 3.35 Spektrofotometer

9. Dilakukam trial and error absorbansi hingga didapat nilai absorbansi sebesar ± 1 A.
10. Bakteri yang telah melewati *trial and error* absorbansi dimasukan ke dalam reaktor dengan pipet steril sebanyak 8 ml dari larutan reaktor.



Gambar 3.36 Larutan salinitas buatan

3.2.5 Persiapan Larutan Uji

Pada peneletian tugas akhir ini digunakan larutan kimia sebagai pengganti air laut dengan salinitas 33 ‰, 35 ‰, dan 37 ‰. Salinitas berhubungan dengan kedalaman perairan, sehingga dengan variasi salinitas diharapkan dapat diketahui kedalaman perairan yang sangat rentan terhadap korosi. Dalam penelitian ini menggunakan larutan NaCl

sebagai pengganti air laut buatan, rumus dari pembuatan air laut buatan berdasarkan standar ASTM D1 141-9024 adalah sebagai berikut :

$$\text{Volume Larutan} = (0.2 \text{ s.d. } 0.4) \times \text{Luas permukaan}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Larutan} &= (0.2 \text{ s.d. } 0.4) \times \text{Luas permukaan} \\ &= (0.2 \times 400) \text{ s.d. } (0.4 \times 400) \\ &= 80 \text{ ml s.d. } 160 \text{ ml} \end{aligned}$$

Komposisi kimia pengganti air laut sesuai dengan standar ASTM D1141-90, 1994 dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.1 Komposisi Kimia Pengganti Air Laut

Solution	Concentration, g/L
NaCl	24.53
MgCl ₂	5.20
Na ₂ SO ₄	4.09
CaCl ₂	1.16
KCl	0.695
NaHCO ₃	0.201
KBr	0.101
H ₃ BO ₃	0.027
SrCl ₂	0.025
NaF	0.003
Ba (NO ₃) ₂	0.0000994
Mn(NO ₃) ₂	0.0000340
Cu(NO ₃) ₂	0.0000308
Zn(NO ₃) ₂	0.0000096
Pb(NO ₃) ₂	0.0000066
AgNO ₃	0.00000049

^AChlorinity = 19.38

Sumber : ASTM D1141-90

Proses pembuatan air laut buatan salinitas 33 ‰, 35 ‰, dan 37 ‰ yaitu sebagai berikut :

1. Persiapkan bahan yaitu NaCl (powder), aquades, beserta peralatan yaitu spatula gelas ukur, breaker glass, labu ukur, timbangan digital, elenmeyer berukuran 250 ml.



i



ii



iii



iv

Gambar 3.37 (i) NaCl Powder (ii) Aquades (iii) Tabung Elenmeyer (iv) Gelas Ukur

2. Penimbangan NaCl dengan menggunakan spatula pada timbangan digital



Gambar 3.38 Timbangan Digital

3. Larutkan NaCl powder pada Aquades kedalam breaker glass, setelah itu tuangkan pada labu ukur 250 ml. Ayunkan labu ukur sebanyak satu kali agar NaCl powder dan aquades tercampur seluruhnya.

4. Tuangkan pada tabung elenmeyer 250 ml setelah ditutup dengan kapas lemak dan kertas coklat untuk keperluan sterilisasi.



i



ii

Gambar 3.39 (i) Larutan NaCl salinitas 33 ‰, 35 ‰, dan 37 ‰ (ii) Autoclave

3.2.6 Proses Pengujian Biokorosi

Pengujian ketahanan bikorosi dilakukan dengan variasi perlakuan, yaitu :

- a. Tanpa pengaruh bakteri, yaitu yaitu berupa uji ketahanan korosi pada lingkungan laut tanpa penambahan bakteri
- b. Dengan penambahan bakteri. Pada penelitian ini akan mebandingkan laju korosi pada tiap spesimen uji dalam lingkungan laut salinitas 33 ‰, 35 ‰, dan 37 ‰ dengan penambahan beberapa jenis bakteri.

Prosedur pengujian korosi meliputi :

1. Spesimen uji berupa material aluminium seri AA 6063.



Gambar 3.40 Material aluminium seri AA 6063

2. Larutan yang akan digunakan adalah larutan pengganti air laut dengan salinitas 33 ‰, 35 ‰, dan 37 ‰ sebanyak 80 ml untuk satu spesimen uji.

3. Larutan dituangkan ke dalam beaker glass.
4. Spesimen dimasukkan dalam larutan selama 30 hari, dengan pencatatan laju korosi tiap 7 hari sekali.



Gambar 3.41 Perendaman material pada media biokorosi

5. Setelah percobaan, spesimen dibersihkan dengan alkohol dan dikeringkan dengan *hair dryer*.
6. Spesimen ditimbang sebelum dan sesudah pengujian korosi untuk menghitung *weight loss* atau berat yang hilang akibat terkorosi.

3.2.7 Pembersihan Spesimen

Setelah proses pengujian korosi, dilakukan pembersihan spesimen dan dikeringkan dengan menggunakan *hair dryer* agar sisa-sisa material korosi hilang dan material menjadi kering.



Gambar 3.42 *Hair Drayer*

3.2.8 Penimbangan berat spesimen

Setelah spesimen dibersihkan, maka dilakukan penimbangan berat spesimen dengan menggunakan timbangan digital. Hal ini bertujuan untuk mengetahui berat yang hilang akibat korosi.

3.2.9 Pengamatan struktur Mikro

Sebelum dan sesudah pengujian korosi spesimen di foto mikro menggunakan mikroskop di laboratorium Metalurgi jurusan Teknik Mesin ITS.



Gambar 3.43 Mikroskop struktur mikro

Sebelum dilakukann foto uji mikro, bagian tepi spesimen dibingkai dengan dempul agar mempermudah proses pemolesan.



Gambar 3.44 Spesimen dengan tepian di dempul

Setelah dibingkai dengan dempul, spesimen di *polishing* dengan mesin yang bernama *polisher*. Nomor amplas yang digunakan yaitu #80, #120, #240, #320, #500, #600, #800, #1000, #1200, #1500 #2000.



Gambar 3.45 Mesin *Polishing*

Sebelum dilakukan pemfotoan uji mikro, spesimen terlebih dahulu dicelupkan kedalam larutan keller. Yaitu campuran 2 ml HF, 3 ml HCl, 5 ml HNO₃, dan 190 ml H₂O yang bertujuan agar struktur mikro dari spesimen uji lebih terlihat (ASM Handbook)

3.2.10 Analisa Berat

Dilakukan analisa terhadap berat awal dan berat akhir, jika berat akhir sama dengan atau lebih berat dari berat awal maka perlu dilakukan uji korosi ulang. Jika terjadi pengurangan berat maka dapat dilanjutkan pada perhitungan laju korosi.

3.2.11 Perhitungan Laju Korosi

Setelah perendaman spesimen ke dalam larutan dan dilanjutkan dengan membersihkan spesimen dengan menggunakan alkohol lalu dilakukan penimbangan spesimen. Setelah itu, dilakukan perhitungan laju korosi dengan menggunakan metode kehilangan berat atau *weight loss*. Rumus perhitungan laju korosi dengan menggunakan metode kehilangan berat sesuai dengan ASTM G1-72 yaitu :

$$Laju\ Korosi = 12 \frac{K \times W}{D \times A \times T} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan :

- W = Berat yang hilang (g)
- K = konstanta (7290)
- D = Massa jenis benda uji (g/cm³)
- A = Luas permukaan benda uji (cm²)
- T = Lama waktu pengujian (jam)

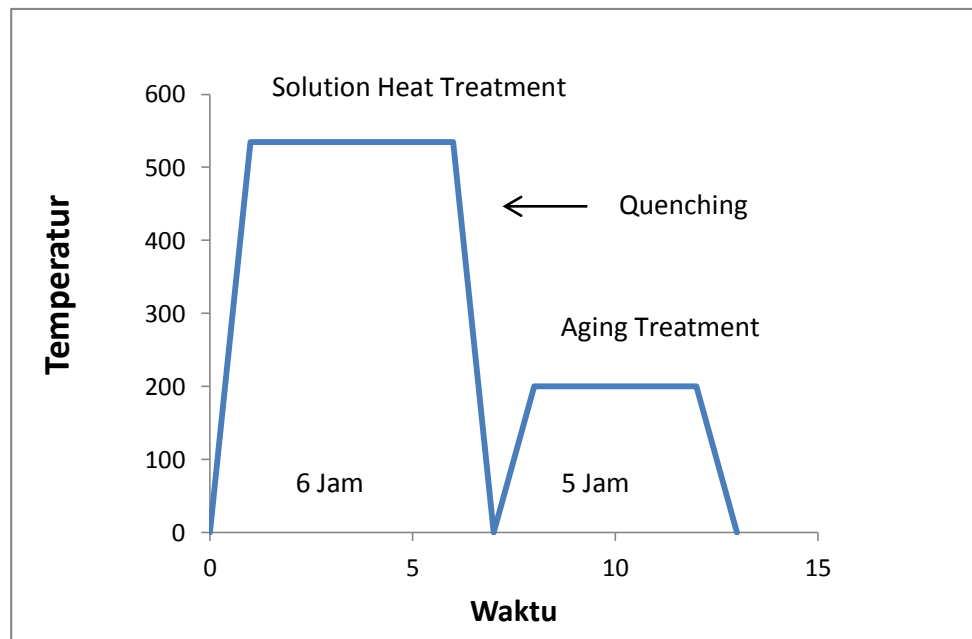
BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Material Uji

4.1.1 *Heat Treatment Material*

Paduan aluminium AA 6063 diberi perlakuan panas yang bertujuan untuk meningkatkan nilai kekuatan dan kekerasan dari paduan aluminium tersebut. Tahap pertama dalam proses heat treatment ini adalah *solution heat treatment*. Tahapan proses ini merupakan pemanasan logam paduan aluminium dalam dapur pemanas (*furnace*) dengan temperatur 535°C dan dilakukan penahanan atau *holding time* selama 6 jam. Pada tahap ini terjadi pelarutan fasa-fasa yang menjadi larutan padat. Tujuan dari proses ini yaitu untuk mendapatkan larutan padat yang mendekati homogen (fasa tunggal).



Gambar 4.1 Skema Proses Perlakuan Panas (ASM Metal HandBook Volume 4, 1991)

Tahap kedua adalah *quenching*, tahap ini merupakan tahap paling kritis dalam perlakuan panas, yaitu dengan cara mendinginkan logam yang telah dipanaskan dalam dapur pemanas kedalam media pendingin yaitu air. Dipilih air sebagai media pendingin pada proses ini karena air merupakan media pendingin yang paling cocok untuk logam yang memiliki tingkat kekerasan yang relatif rendah seperti logam paduan aluminium. Tahap ketiga adalah penuaan (*aging*), pada tahap ini paduan aluminium dipanaskan kemabali dalam dapur pemanas atau (*furnace*) pada suhu 200°C selama 5 jam.

4.1.2 Tes Kekerasan Material

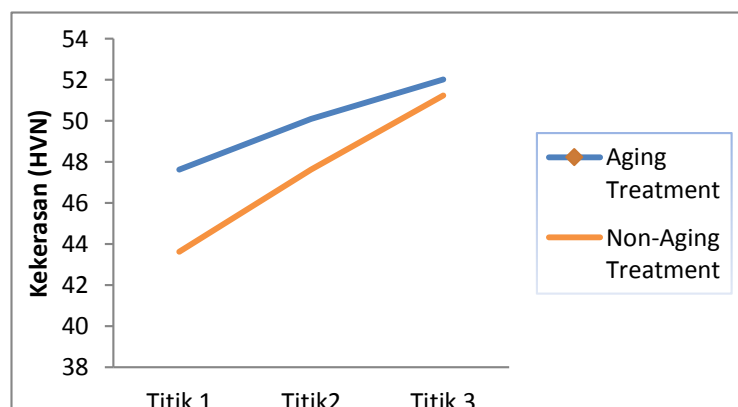


Gambar 4.2 Alat Uji Kekerasan Vickers

Tabel 4.1 Hasil Tes Kekerasan Material Uji

Perlakuan	Titik 1	Titik 2	Titik 3
Aging Treatment	47.63	50.10	52.02
Non Aging Treatment	43.63	47.49	51.24

Uji kekerasan menggunakan vickers. Dari hasil tes uji kekerasan diatas tidak terlihat peningkatan kekerasan yang cukup signifikan pada material. Walaupun demikian perlakuan *aging treatment* memberikan dampak terhadap kekerasan materil aluminium.



Gambar 4.3 Grafik uji kekerasan materia

4.2 Hasil Pengembangbiakan Bakteri (*re-growth* bakteri)

Setelah dilakukan *Re-growth* bakteri *E. Coli*, *Pseudomonas Fluorescens*, *Thiobacillus Ferrooxidans*, maka bakteri dapat dipindahkan pada media kerja yang berupa air laut buatan sebanyak 5%. Bakteri tersebut dipilih karena dapat mendegradasi material baja, besi dan sebagainya yang berada di laut. Bakteri tersebut juga aktif berperan sebagai komposer dan pengurai dilaut. Sebagai contoh *Pseudomonas Fluorescens* merupakan bakteri yang mampu mengurai bahan yang mengandung besi.

Untuk perhitungan jumlah bakteri menggunakan metode Turbidimetri atau kekeruhan. *Optical Density* (OD) atau nilai kekeruhannya di ukur menggunakan alat yang bernama spektrofotometer dengan panjang gelombang 600 nm. Dilakukan *trial and error* absorbansi hingga didapatkan nilai absorbansi sebesar ± 1 A. Nilai OD ± 1 merupakan fase dimana bakteri berkembang dengan cepat (Harmin S., 2016). Sel mikroorganisme mengalami proses pembelahan diri dengan laju yang sesuai dengan kemampuan dalam menyerap nutrisi dari lingkungan. Disebut juga fase eksponensial karena pembelahan sel termasuk permasalahan eksponensial.

Jika *Optical Density* (OD) ± 1 maka jumlah bakterinya setara dengan 1.5×10^9 atau 1,5 milyar bakteri untuk setiap milimeternya. Berikut tahapan *re-growth* bakteri akan dijelaskan dibawah ini.

4.2.1 Hasil Pengembangbiakan *Escherichia Coli*



Gambar 4.4 Hasil *re-growth Escherichia Coli*

Bakteri *Escherichia Coli* yang dihasilkan dari proses *re-growth* membentuk koloni yang cenderung berbentuk bundaran. Dari pembacaan spektrofotometer bakteri *E. Coli* yang digunakan untuk penelitian ini memiliki *Optical Dencity* (OD) 1,076. Serupa dari penelitian sebelumnya yang mengatakan bahwa bakteri *E. Coli* membentuk koloni yang bundar, cembung dan halus dengan tepi yang dapat dilihat dengan jelas. (Ishak Isa, dkk, 2013). Menurut pengamatan penulis *E. Coli* membentuk koloni yang bundar, cembung dan halus, dengan tepi yang dapat terlihat jelas.

Chen dan wilson (1997) dalam penelitiannya juga mengatakan bahwa bakteri *E. Coli* dapat menghilangkan Hg^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} dari limbah, tanah dan sedimen atau larutan yang tercemar logam berat tersebut.

4.2.2 Hasil Pengembangbiakan *Pseudomonas Fluorescens*



Gambar 4.5 Hasil *re-growth* *Pseudomonas Fluorescens*

Tidak jauh berbeda dengan bakteri *E. Coli*, bakteri *Pseudomonas Fluorescens* juga memiliki koloni berwarna putih dan bundar. Terlihat bahwa bakteri *Pseudomonas Fluorescens* membentuk garis-garis sesuai dengan metode penanaman yang dilakukan. Dari pengamatan spektrofotometer bakteri ini mengandung *Optical Dencity* (OD) 1,021. Terdapat cairan berwarna kuning pudar di sela-sela koloni, cairan ini merupakan hasil metabolitnya, yaitu produk asam organik yang dapat menghilangkan ion-ion logam berat dari larutan dan dapat mempercepat degradasi dari suatu logam. Bakteri ini mampu mengikat kation logam uranium, tembaga, timbal dan ion-ion lain dari limbah tercemar logam berat. (Ishak Isa, dkk, 2013)

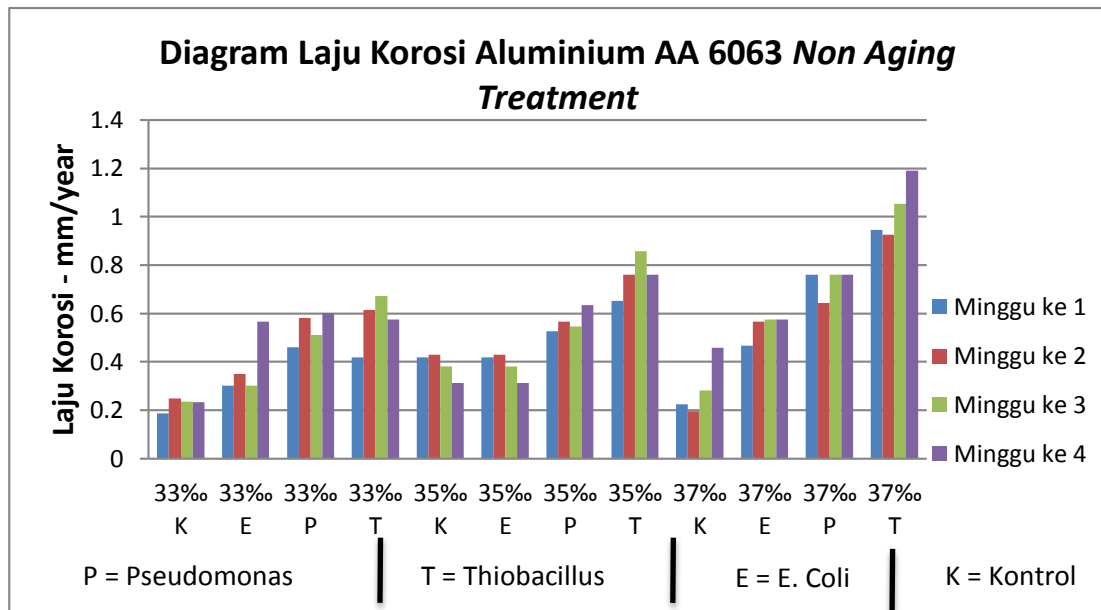
4.2.3 Hasil Pengembangbiakan *Thiobacillus Ferrooxidans*



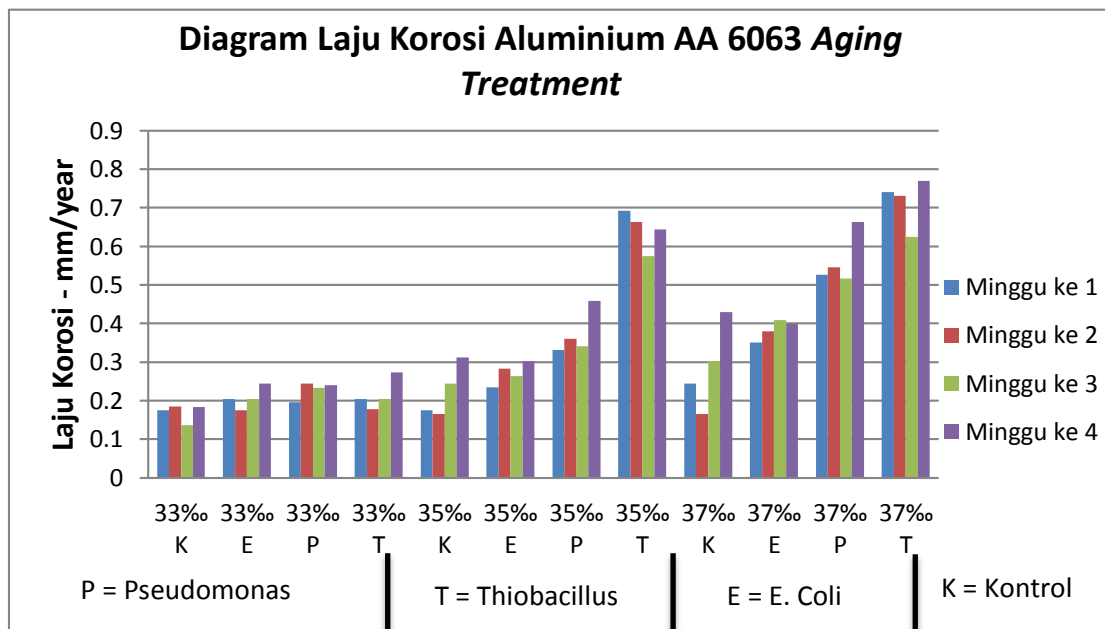
Gambar 4.6 Hasil *re-growth* *Thiobacillus Ferrooxidans*

Tidak berbeda jauh dengan bakteri *E. Coli* dan *Pseudomonas Fluorescens*, bakteri *Thiobacillus Ferrooxidans* juga berwarna dan membentuk koloni. Dari pengamatan spektrofotometer bakteri ini mengandung *Optical Dencity* (OD) 9,82. Menurut pengamatan penulis *Thiobacillus Ferrooxidans* membentuk koloni yangt bundar, cembung dan halus, dengan tepi yang dapat terlihat jelas. Terdapat cairan berwarna kuning pudar di sela-sela koloni, cairan ini merupakan hasil metabolitnya, yaitu produk asam organik yang dapat menghilangkan ion-ion logam berat dari larutan dan dapat mempercepat degradasi dari suatu logam. Bakteri ini mampu mengikat kation logam uranium, tembaga, timbal dan ion-ion lain dari limbah tercemar logam berat. (Ishak Isa, dkk, 2013)

4.3 Hasil Percobaan Bio-Korosi dengan Metode Rendam



Grafik 4.1 Diagram Perhitungan Laju Korosi Material *Non Aging Treatment*



Grafik 4.2 Diagram Perhitungan Laju Korosi Material *Aging Treatment*

Dari gambar 4.7 dan 4.8 dapat diketahui bahwa semakin tinggi salinitas akan mempercepat laju korosi. Semakin tinggi salinitas berarti semakin banyak mengandung ion klorida. Ion klorida inilah yang akan menyebabkan korosi *pitting* serta kerusakan lainnya pada material. Pada diagram batang

tersebut juga terlihat perbedaan laju korosi paduan aluminium dengan perlakuan panas dan tanpa perlakuan panas.

Pada paduan aluminium dengan perlakuan panas laju korosi tertinggi pada salinitas 33‰ yaitu pada spesimen dengan penambahan bakteri *Thiobacillus*. *F* sebesar 0,565 mm/year, sedangkan laju korosi terendah pada spesimen kontrol sebesar 0,175. Pada salinitas 35‰ laju korosi tertinggi terjadi pada spesimen dengan penambahan bakteri *Thiobacillus*. *F* sebesar 0,692 mm/year, dan laju korosi terendah pada spesimen kontrol sebesar 0,178. Begitu juga pada salinitas 37‰ laju korosi tertinggi pada spesimen dengan penambahan bakteri *Thiobacillus*. *F* sebesar 0,770 dan laju korosi terendah pada spesimen dengan penambahan bakteri *E.coli* sebesar 0,175

Tidak berbeda dengan paduan aluminium tanpa perlakuan panas laju korosi tertinggi pada salinitas 33‰ yaitu pada spesimen dengan penambahan bakteri *Thiobacillus*. *F* sebesar 0,672 mm/year, sedangkan laju korosi terendah terjadi pada spesimen kontrol sebesar 0,186. Pada salinitas 35‰ laju korosi tetap terjadi pada spesimen dengan penambahan bakteri *Thiobacillus*. *F* sebesar 0,858 mm/year dan laju korosi terendah pada spesimen kontrol sebesar 0,312. Pada salinitas 37‰ laju korosi tertinggi pada spesimen dengan penambahan bakteri *Thiobacillus*. *F* sebesar 1,189 dan laju korosi terendah pada spesimen kontrol sebesar 0,186.

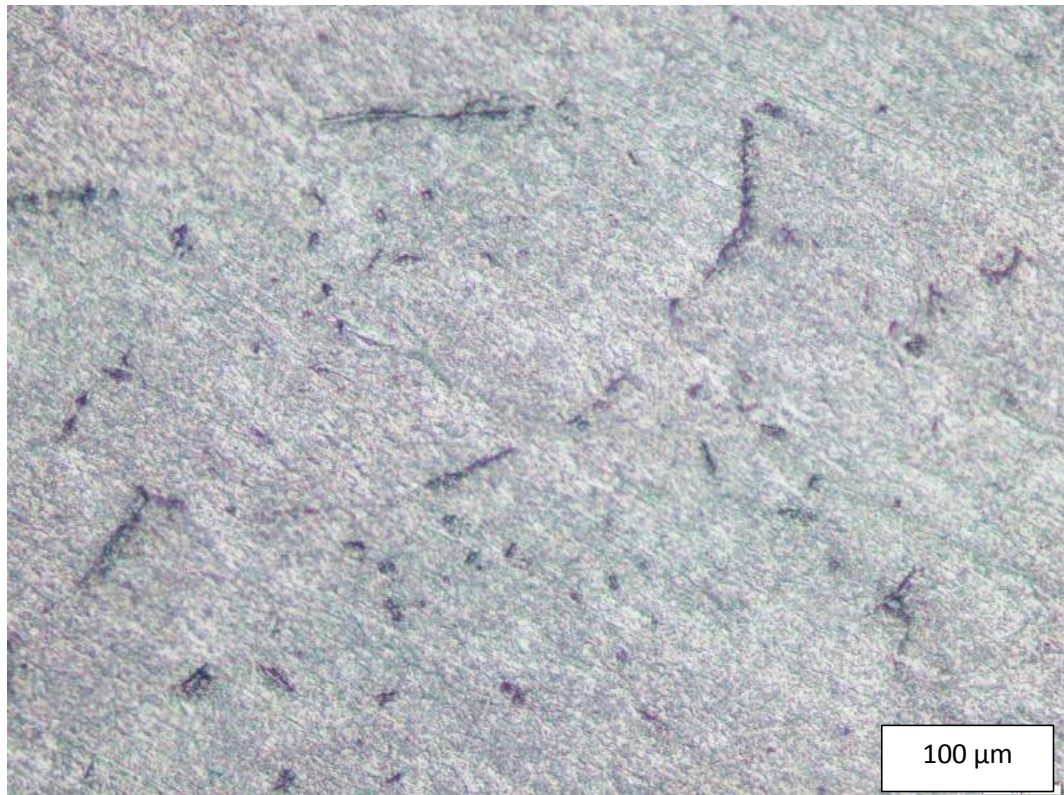
Dari grafik dibawah dapat diketahui bahwa bakteri yang paling korosif terhadap spesimen uji berdasarkan data laju korosi material *aging* dan *non aging treatment* adalah bakteri *Thiobacillus*. *F* yang memiliki data laju korosi tertinggi karena bakteri ini lebih banyak menghasilkan produk asam organik, pigmen, ligan H₂S yang dapat menghilangkan ion-ion logam berat dari material.

Dari grafik dibawah juga dapat dilihat bahwa material *non aging treatment* memiliki laju korosi lebih besar jika dibandingkan dengan material dengan *aging treatment*. Material *non aging treatment* memiliki laju korosi tertinggi sebesar 1,189 mm/year dan laju korosi terendah sebesar 0,186mm/year, sedangkan material dengan *aging treatment* memiliki laju korosi tertinggi sebesar 0,770 mm/year dan laju korosi terendah sebesar 0,175 mm/year.

4.4 Hasil Foto Mikro dan Makrostruktur

Setelah dilakukan uji korosi, permukaan spesimen uji dapat terlihat jelas dengan menggunakan perbesaran lensa 100x.

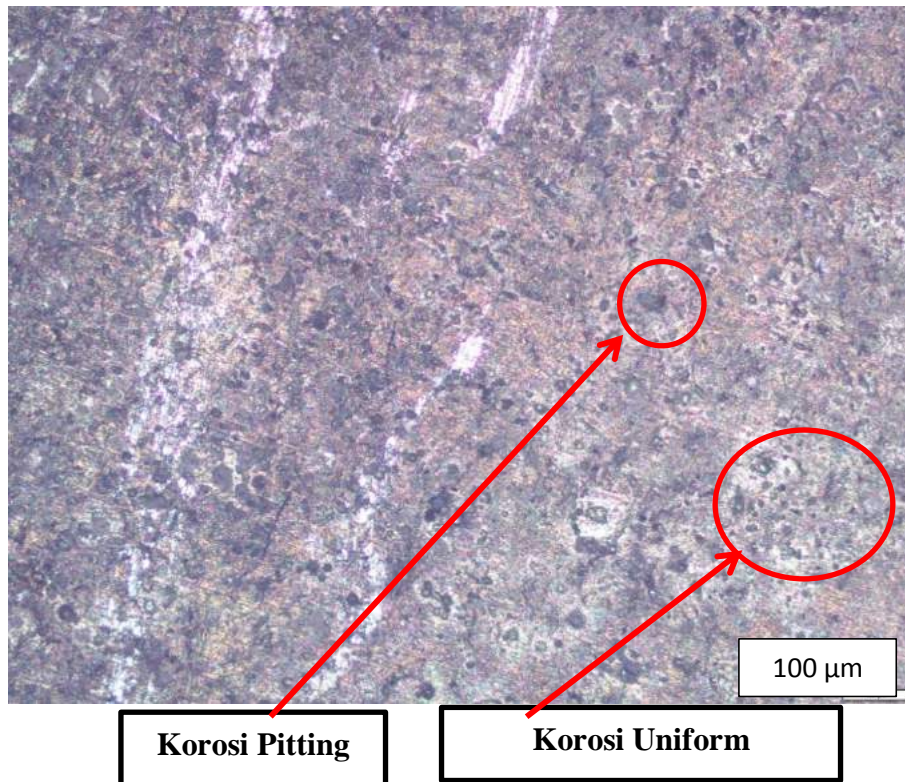
4.4.1 Hasil Foto Mikrostruktur Material *Non Aging Treatment*



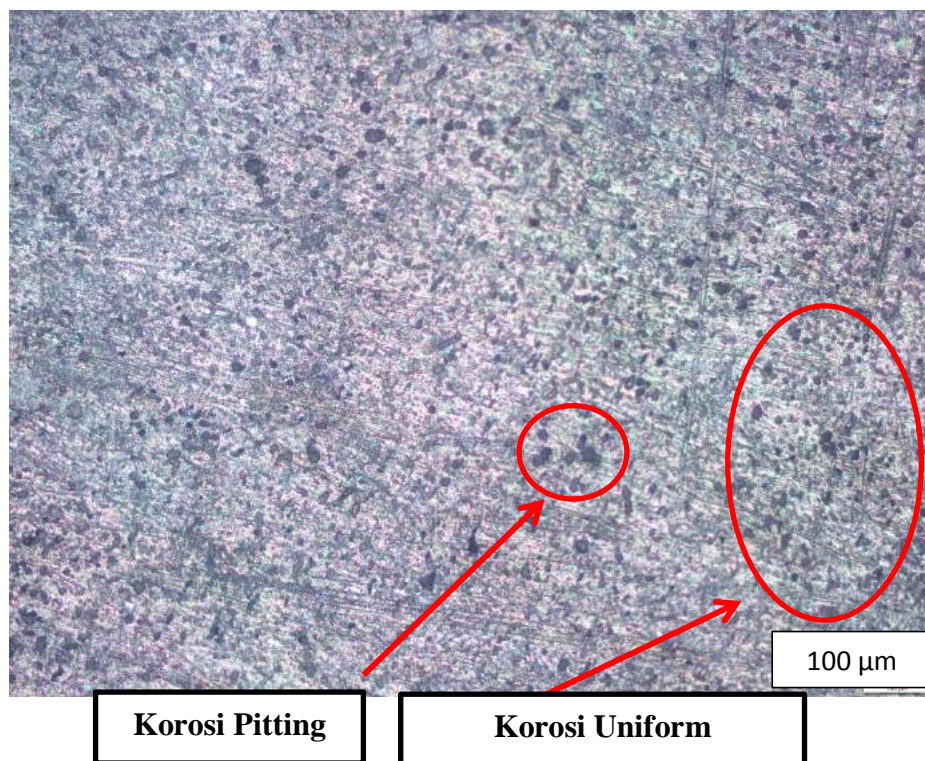
Gambar 4.7 Foto mikro material *non aging treatment* sebelum di uji korosi

Pada gambar 4.8 menunjukkan hasil foto mikrostruktur tampak atas material *non aging treatment* tanpa penambahan bakteri. Dari foto tersebut terlihat bahwa korosi yang terjadi adalah korosi *pitting* (sumuran) dan korosi uniform. Korosi pitting merupakan salah satu korosi yang disebabkan oleh air laut. Korosi ini membentuk lubang lubang kecil tidak beraturan yang jika dibiarkan akan semakin dalam dan dapat menyebabkan kerusakan pada material.

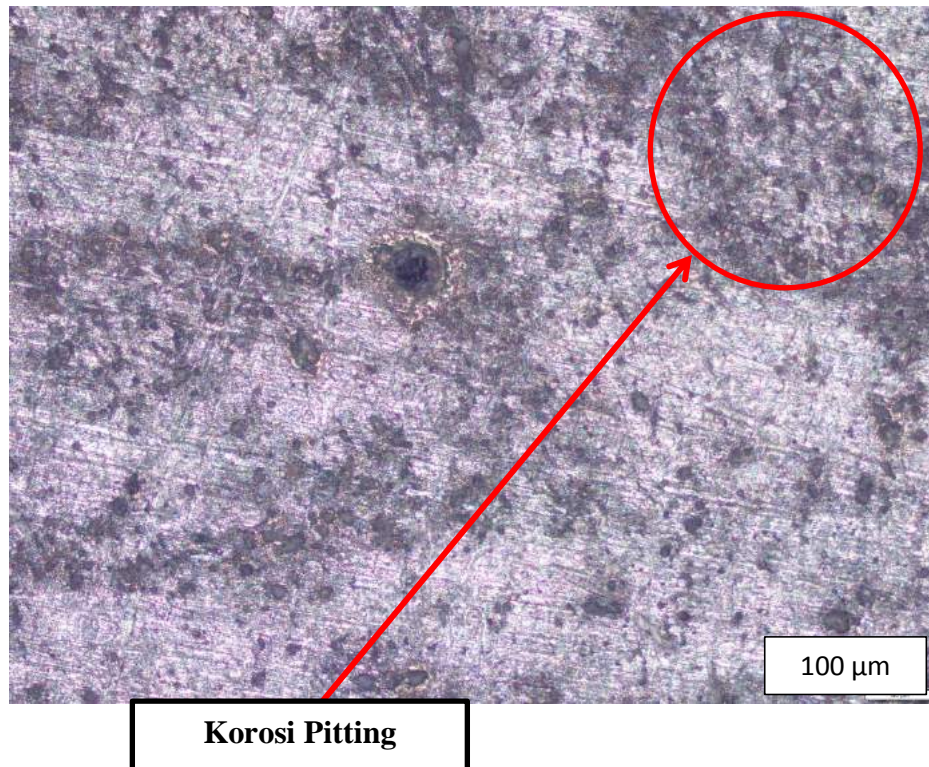
Gambar 4.9 merupakan hasil foto mikrostruktur material *non aging treatment* tanpa penambahan bakteri tampak bawah. Sama seperti foto mikrostruktur tampak bawah, korosi yang terjadi adalah korosi *pitting* (sumuran) dan korosi uniform.



Gambar 4.8 Foto mikro material *non aging treatment* tanpa penambahan bakteri tampak atas



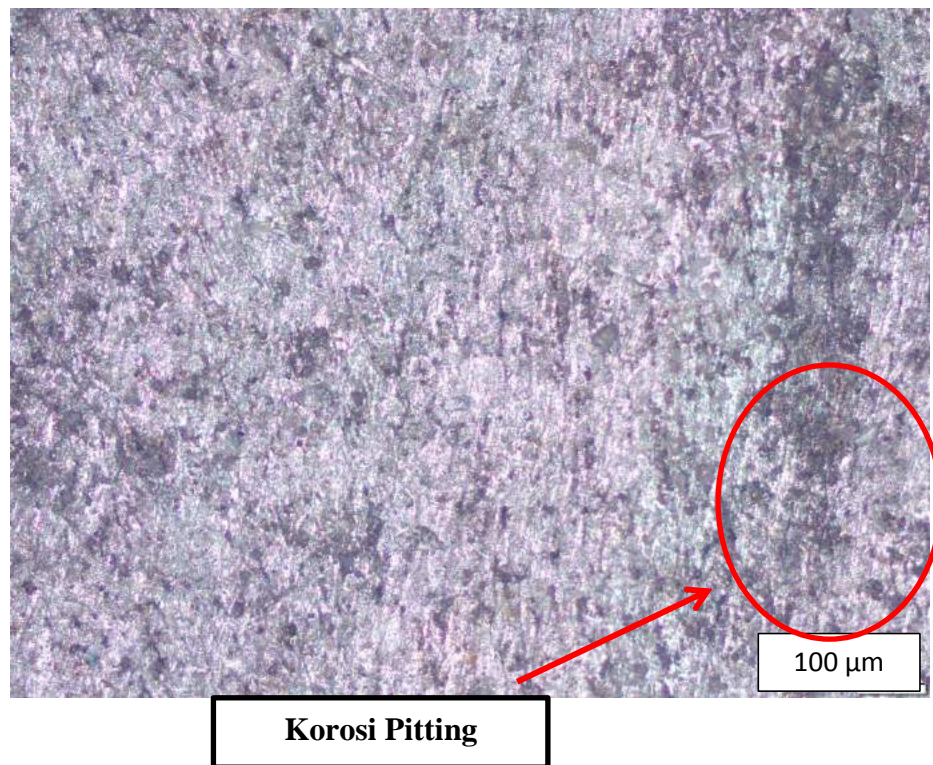
Gambar 4.9 Foto mikro material *non aging treatment* tanpa penambahan bakteri tampak bawah



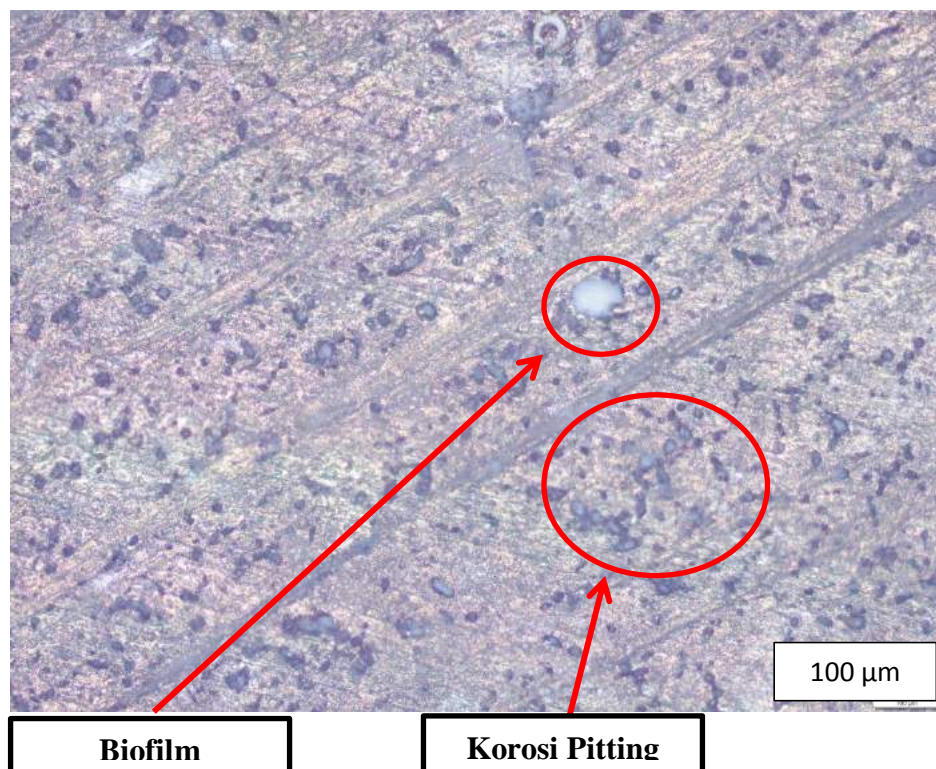
Gambar 4.10 Foto mikro material *non aging treatment* dengan penambahan *E.coli* tampak atas

Gambar 4.10 dan 4.11 menunjukkan hasil foto mikrostruktur material *non aging treatment* dengan penambahan bakteri *E. Coli* tampak atas dan tampak bawah. Setelah dilihat dengan mikroskop perbesaran 100 μm , terlihat bahwa korosi yang terbentuk adalah korosi *pitting*. Bentuk *pitting* yang disebabkan oleh bakteri ini adalah *pitting* dengan bentuk bulatan kecil yang bergerombol. Dengan kata lain koloni yang dibentuk oleh bakteri *E.coli* cenderung bergerombol pada bagian sisi spesimen.

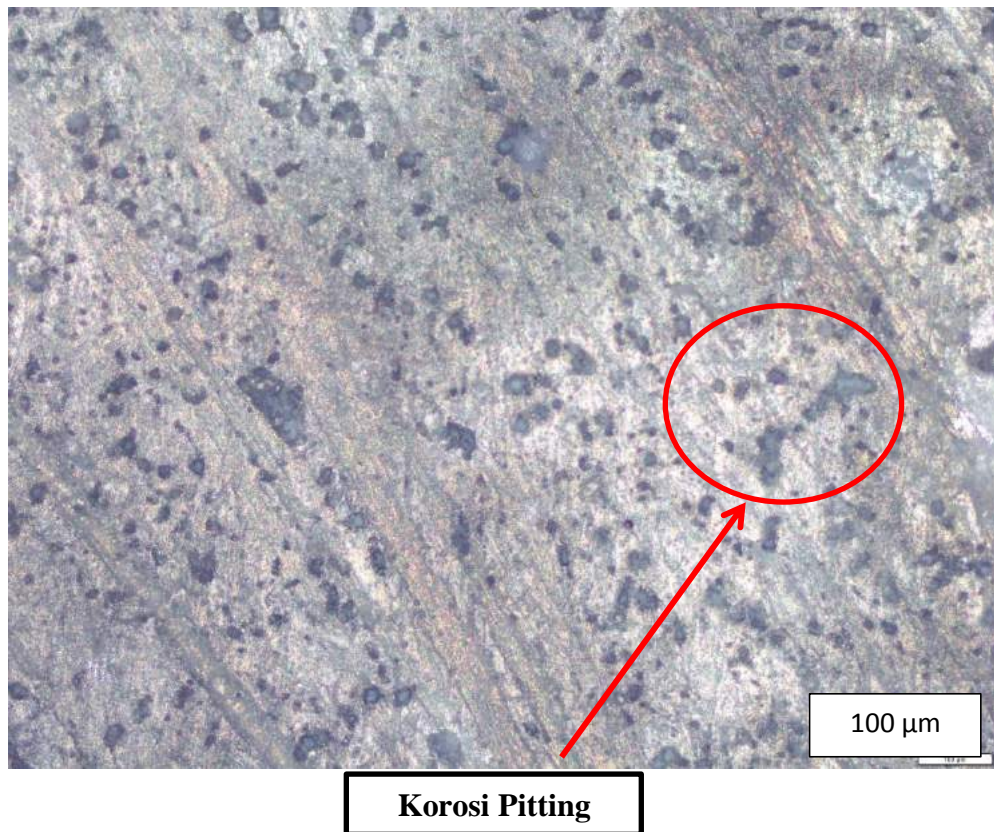
Pada gambar 4.12 dan 4.13 merupakan hasil foto mikrostruktur material *non aging treatment* tampak atas dan tampak bawah dengan penambahan bakteri *Pseudomonas. F.* Pada hasil foto tersebut terlihat bahwa korosi yang terbentuk adalah korosi *pitting*. Bentuk korosi *pitting* yang terjadi pada material sedikit lebih besar dan jika dibandingkan dengan bentuk lubang yang terjadi akibat penambahan bakteri *E. Coli*. Sama dengan bakteri *E.coli*, bakteri ini juga cenderung memiliki koloni yang bergerombol.



4.11 Foto mikro material *non aging treatment* dengan penambahan *E.coli* tampak bawah

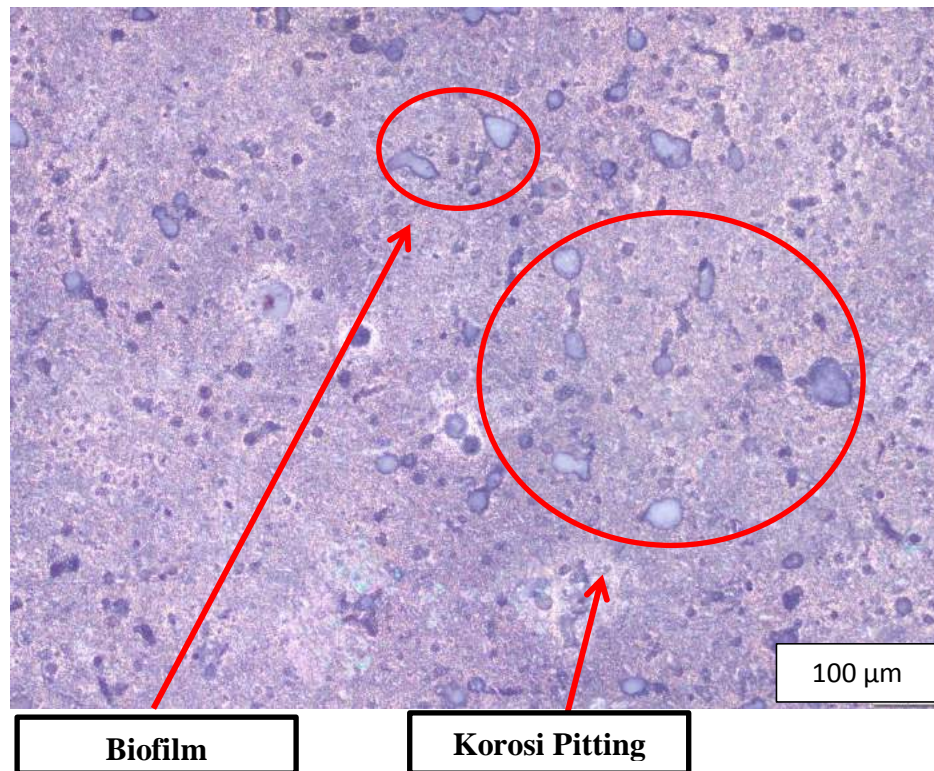


Gambar 4.12 Foto mikro material *non aging treatment* dengan penambahan *Pseudomonas F* tampak atas

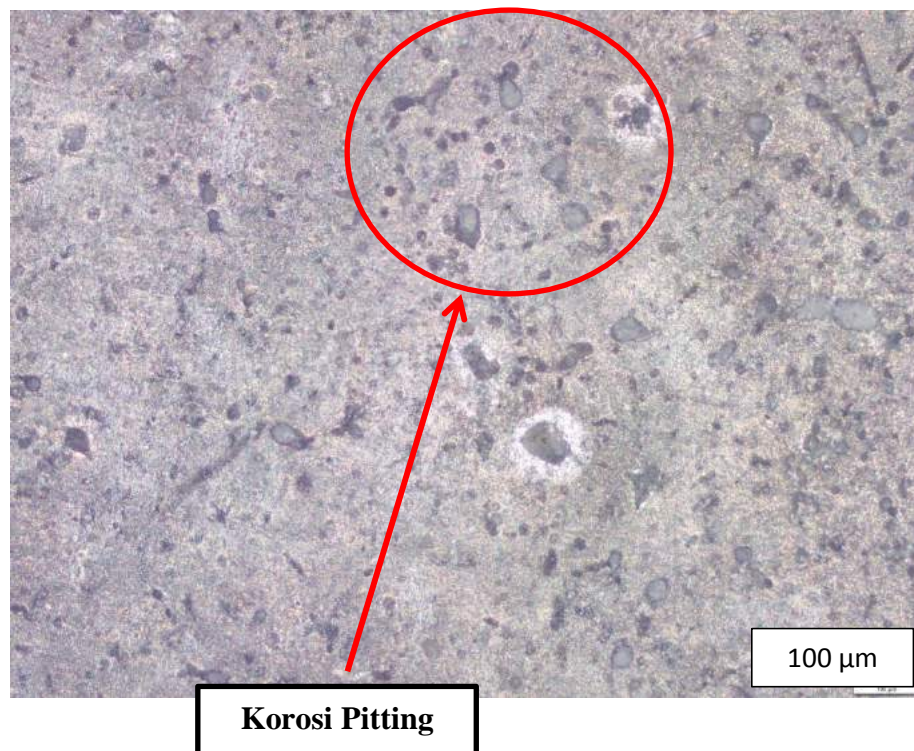


Gambar 4.13 Foto mikro material *non aging treatment* dengan penambahan *Pseudomonas F* tampak bawah

Pada gambar 4.14 dan 4.15 merupakan hasil foto mikrostruktur material *non aging treatment* tampak atas dan tampak bawah dengan penambahan bakteri *Thiobacillus F*. Pada spesimen dengan penambahan bakteri ini korosi yang terjadi adalah korosi *pitting*. Bentuk *pitting* yang terjadi lebih besar bila dibandingkan dengan bakteri *E. Coli* dan *pseudomonas*. Koloni yang dibentuk oleh bakteri ini juga tidak bergerombol sebagaimana bakteri lainnya. Terdapat biofilm atau sekumpulan bakteri yang membentuk koloni. Bakteri yang berkumpul akan mengeluarkan lendir yang nantinya akan menutupi permukaan material yang berfungsi untuk menangkap nutrisi dari permukaan material. Biofilm ini yang akan mengkorosi material.



Gambar 4.14 Foto mikro material *non aging treatment* dengan penambahan *Thiobacillus. F* tampak atas



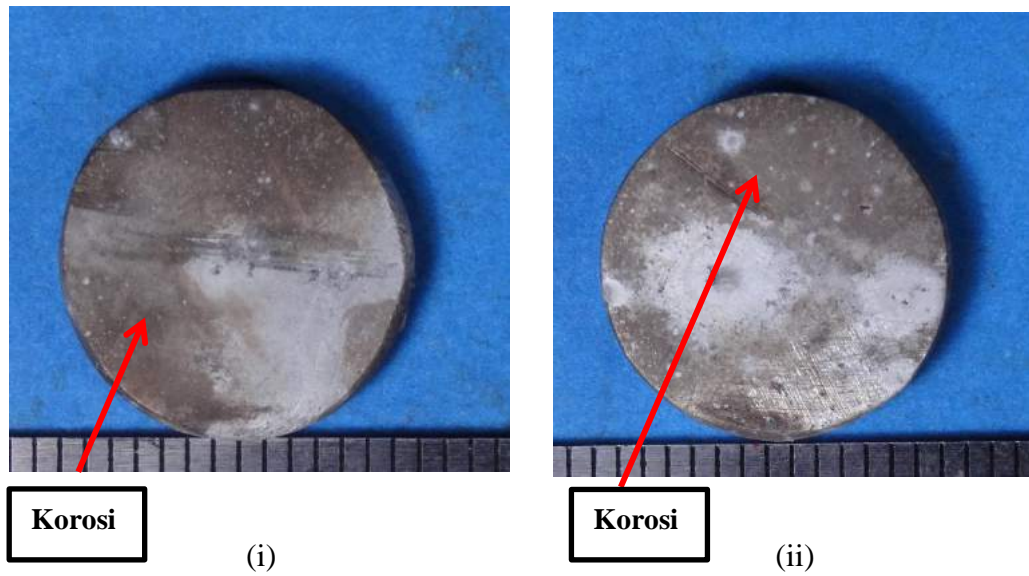
Gambar 4.15 Foto mikro material *non aging treatment* dengan penambahan *Thiobacillus. F* tampak bawah

4.4.2 Hasil Foto Makrostruktur Material *Non Aging Treatment*

Pada gambar 4.16 ini menunjukkan hasil foto makrostruktur material *non aging treatment* sebelum uji korosi. Pada gambar makrostruktur tersebut belum terlihat adanya korosi. Sebelum foto tersebut di ambil permukaan spesimen terlebih dahulu dihaluskan dengan menggunakan amplas agar permukaannya rata dan halus, hal tersebut bertujuan untuk menunjukkan perbedaan jika dibandingkan dengan spesimen setelah uji korosi. Pada gambar 4.17 menunjukkan hasil foto makrostruktur material *non aging treatment* setelah uji korosi tampak atas dan tampak bawah. Setelah direndam dengan air laut buatan dengan salinitas 33‰, 35‰, dan 37‰ pada gambar tersebut sudah terlihat korosi terjadi pada permukaan spesimen. Spesimen yang pada awalnya berwarna berwarna keabuan berubah menjadi kecoklatan akibat korosi yang terjadi. Foto tersebut di ambil pada hari ke 20 atau 4 minggu perendaman.

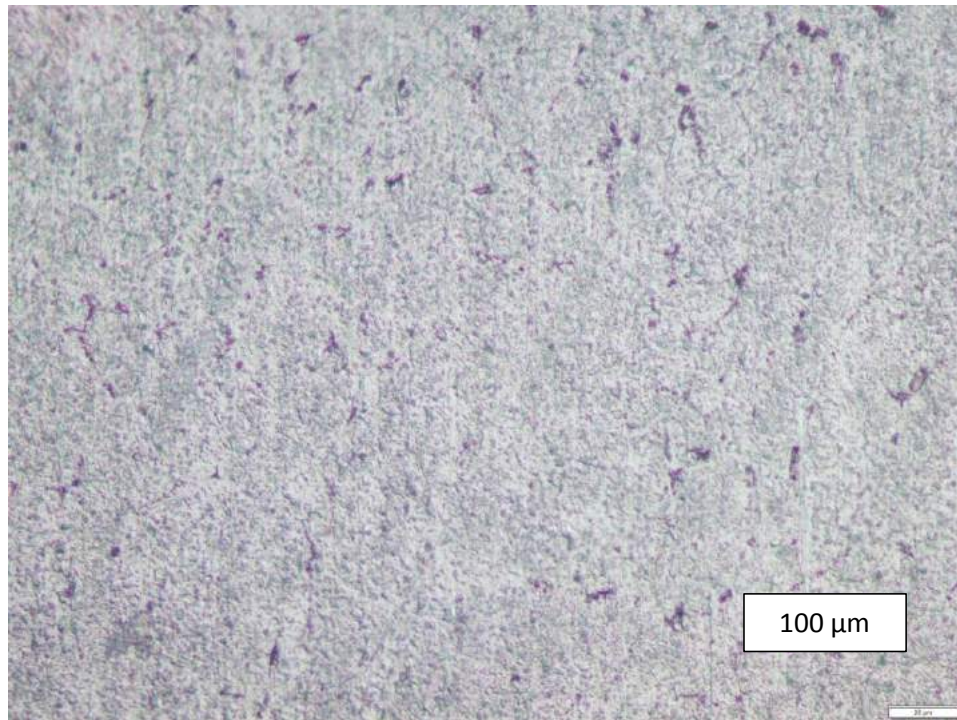


Gambar 4.16 Foto makro material *non aging treatment* sebelum di uji korosi



Gambar 4.17 (i) Foto makro material *non aging treatment* setelah di uji korosi tampak atas (ii) Foto makro material *non aging treatment* setelah di uji korosi tampak bawah

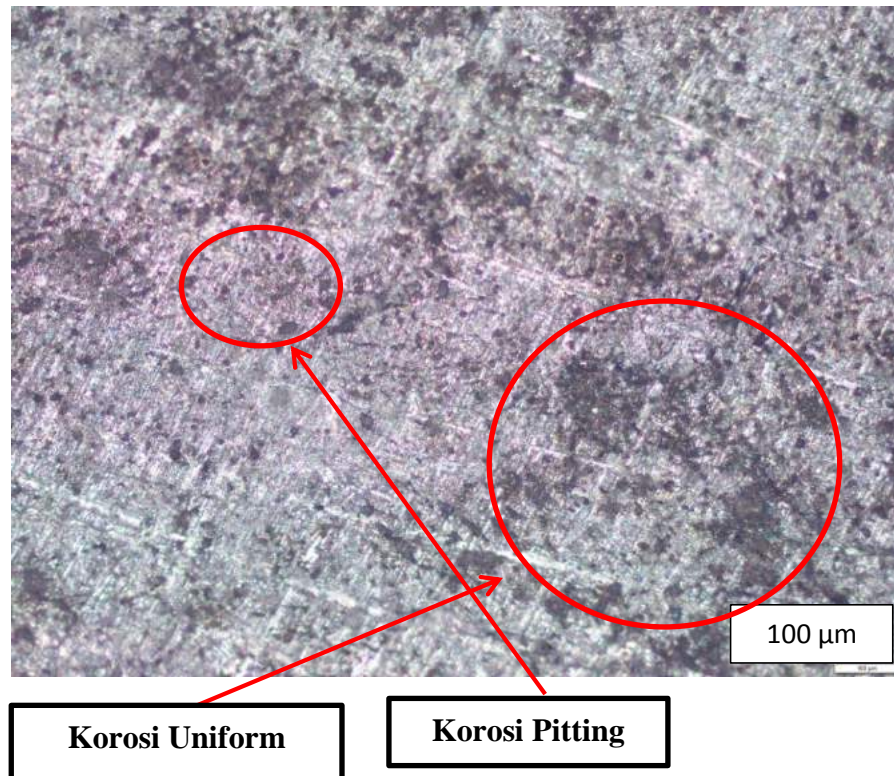
4.4.3 Hasil Foto Mikrostruktur Material *Aging Treatment*



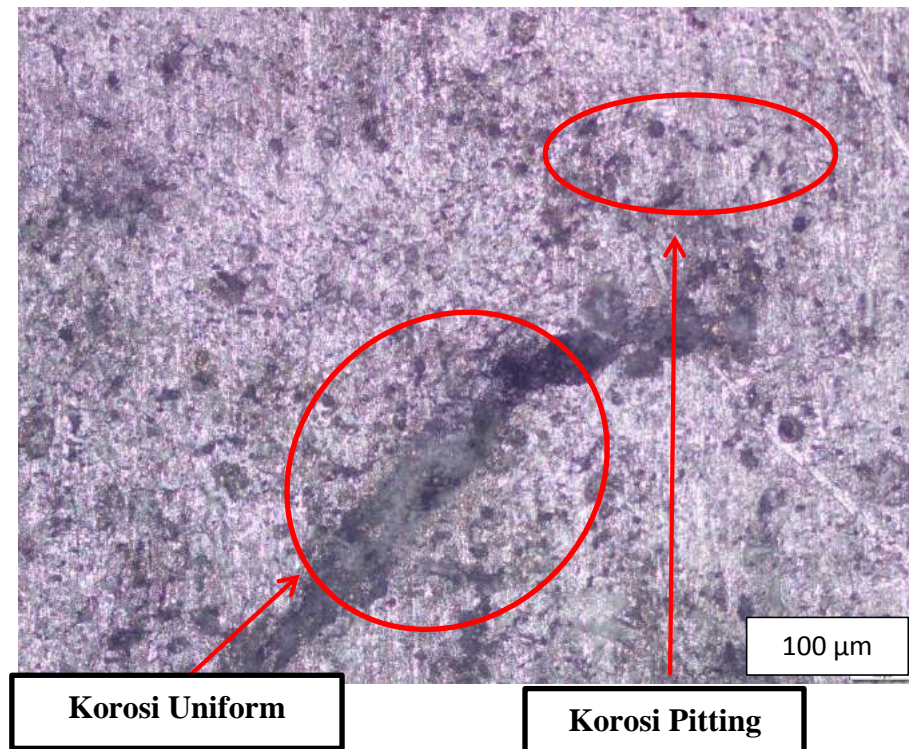
Gambar 4.18 Foto mikro material *aging treatment* sebelum di uji korosi

Pada gambar 4.19 menunjukkan hasil foto mikrostruktur tampak atas material *aging treatment* tanpa penambahan bakteri. Dari foto tersebut terlihat bahwa korosi yang terjadi adalah korosi *pitting* (sumuran) dan korosi uniform. Korosi *pitting* merupakan salah satu korosi yang disebabkan oleh air laut. Korosi ini membentuk lubang lubang kecil tidak beraturan yang jika dibiarkan akan semakin dalam dan dapat menyebabkan kerusakan pada material.

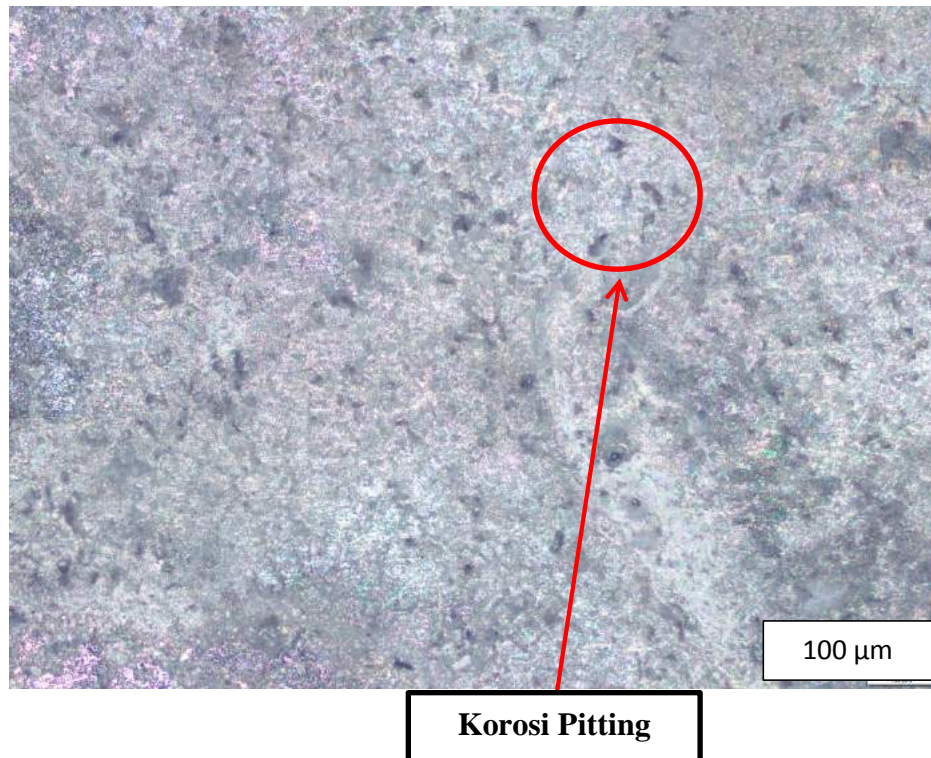
Gambar 4.20 merupakan hasil foto mikrostruktur material *aging treatment* tanpa penambahan bakteri tampak bawah. Sama seperti foto mikrostruktur tampak bawah, korosi yang terjadi adalah korosi *pitting* (sumuran) dan korosi uniform.



Gambar 4.19 Foto mikro material *aging treatment* tanpa penambahan bakteri tampak atas



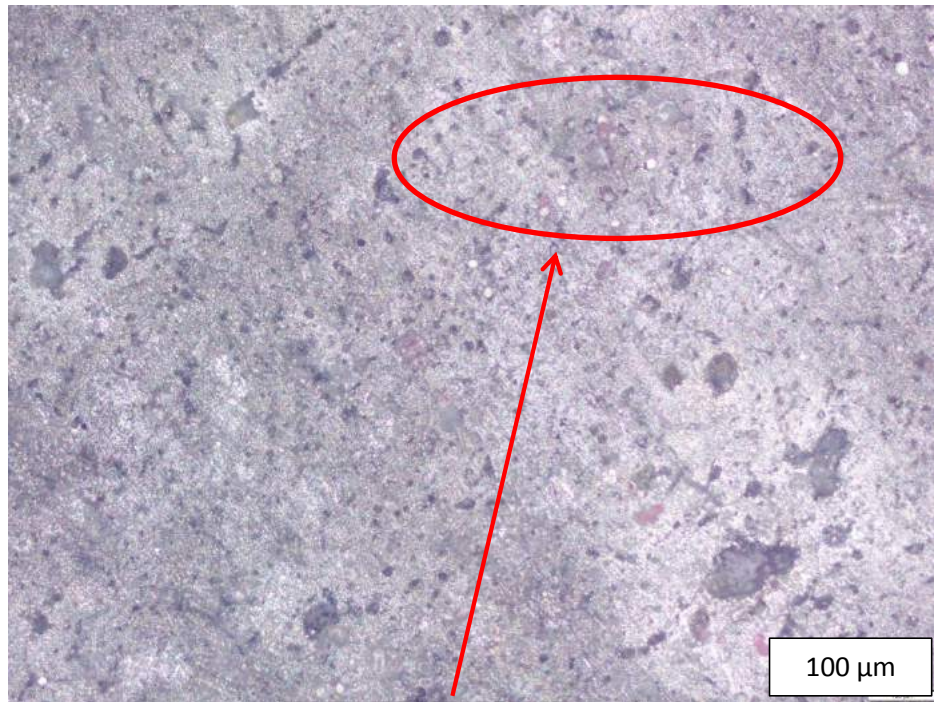
Gambar 4.20 Foto mikro material *aging treatment* tanpa penambahan bakteri tampak bawah



Gambar 4.21 Foto mikro material *aging treatment* dengan penambahan *E.coli* tampak atas

Gambar 4.21 dan 4.22 menunjukkan hasil foto mikrostruktur material *aging treatment* dengan penambahan bakteri *E. Coli* tampak atas dan tampak bawah. Setelah dilihat dengan mikroskop perbesaran 100 μm , terlihat bahwa korosi yang terbentuk adalah korosi *pitting*. Bentuk *pitting* yang disebabkan oleh bakteri ini adalah *pitting* dengan bentuk bulatan kecil yang bergerombol. Dengan kata lain koloni yang dibentuk oleh bakteri *E.coli* cenderung bergerombol pada bagian sisi spesimen.

Pada gambar 4.23 dan 4.24 merupakan hasil foto mikrostruktur material *aging treatment* tampak atas dan tampak bawah dengan penambahan bakteri *Pseudomonas. F*. Pada hasil foto tersebut terlihat bahwa korosi yang terbentuk adalah korosi *pitting*. Bentuk korosi *pitting* yang terjadi pada material sedikit lebih besar dan jika dibandingkan dengan bentuk lubang yang terjadi akibat penambahan bakteri *E. Coli*. Sama dengan bakteri *E.coli*, bakteri ini juga cenderung memiliki koloni yang bergerombol.



Korosi Pitting

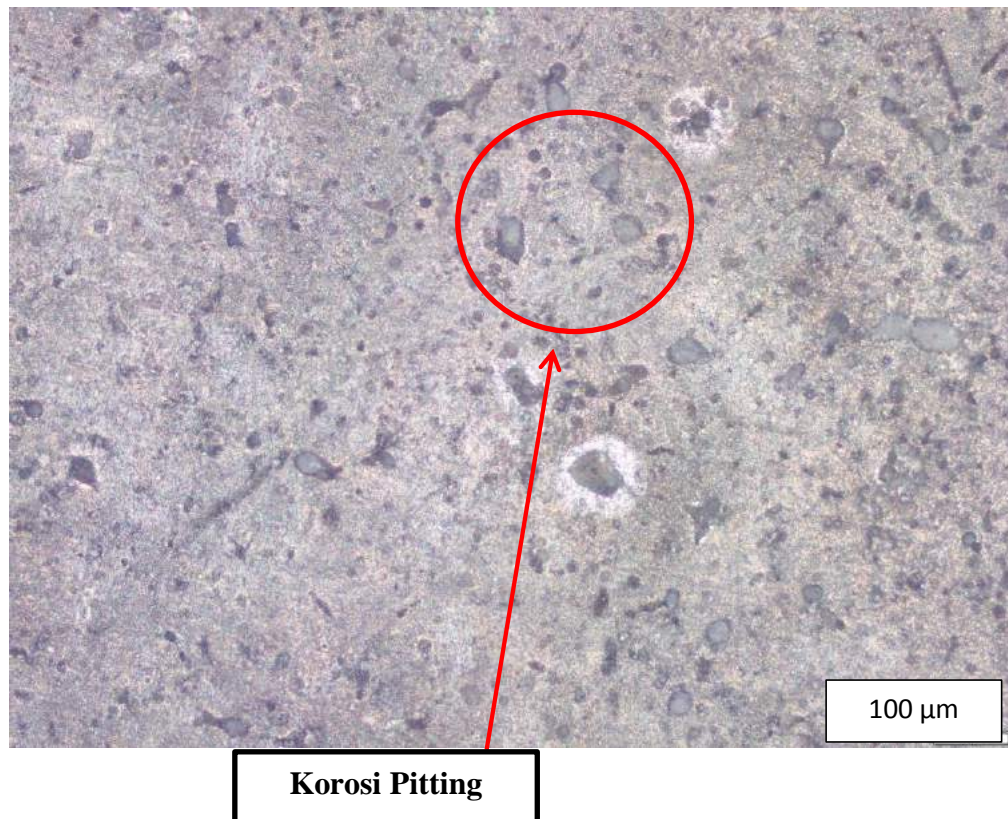
Gambar 4.22 Foto mikro material *aging treatment* dengan penambahan *E.coli* tampak bawah



Biofilm

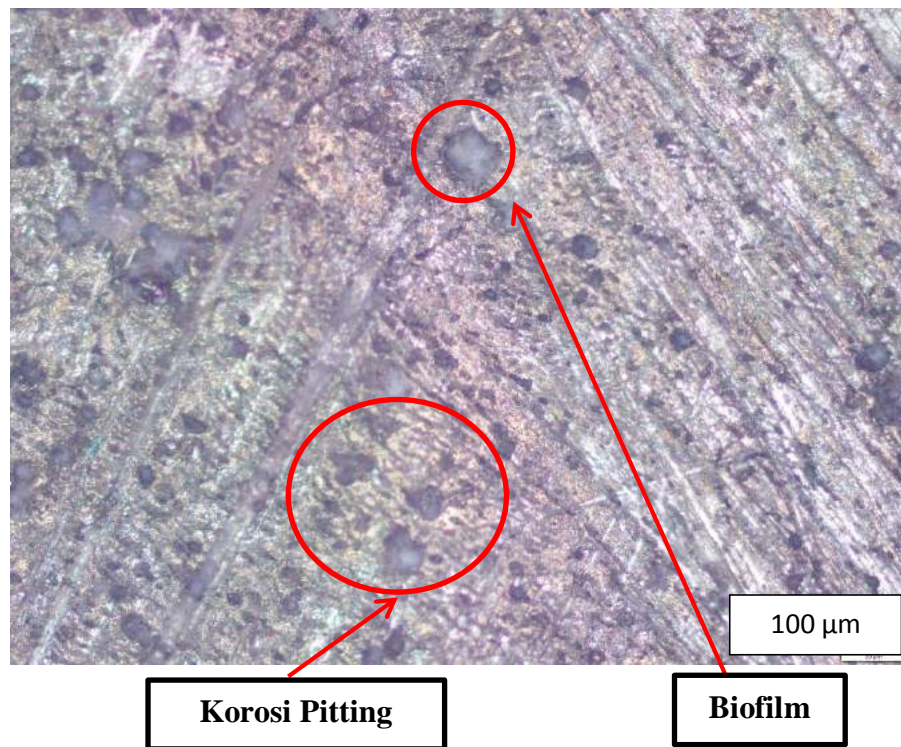
Korosi Pitting

Gambar 4.23 Foto mikro material *aging treatment* dengan penambahan *Pseudomonas. F* tampak atas

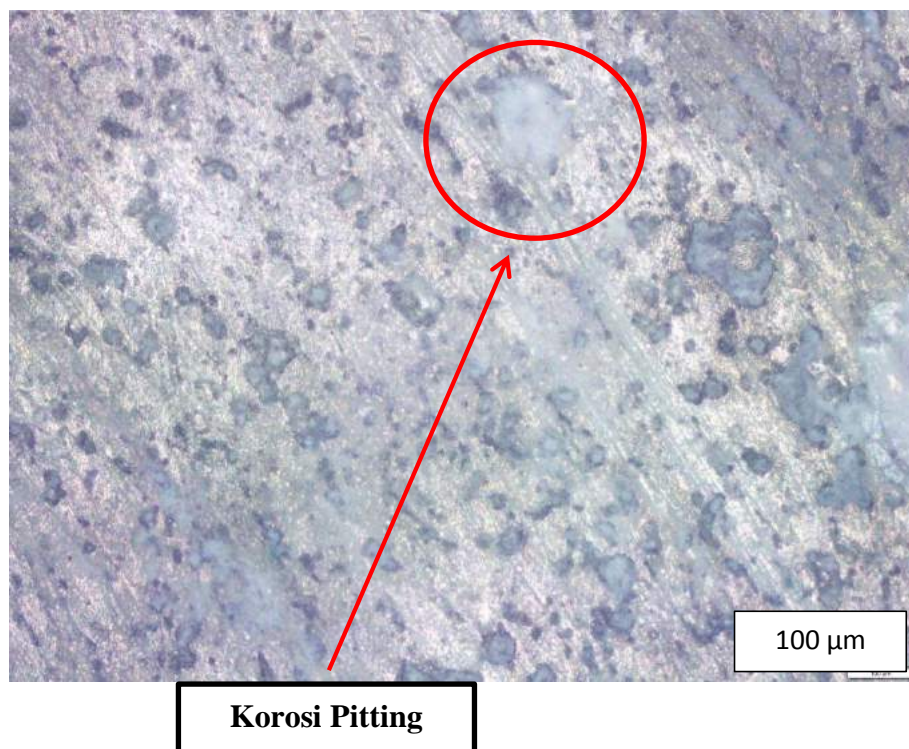


Gambar 4.24 Foto mikro material *aging treatment* dengan penambahan *Pseudomonas. F* tampak bawah

Pada gambar 4.25 dan 4.26 merupakan hasil foto mikrostruktur material *aging treatment* tampak atas dan tampak bawah dengan penambahan bakteri *Thiobacillus F*. Pada spesimen dengan penambahan bakteri ini korosi yang terjadi adalah korosi *pitting*. Bentuk *pitting* yang terjadi lebih besar bila dibandingkan dengan bakteri *E. Coli* dan *pseudomonas*. Koloni yang dibentuk oleh bakteri ini juga tidak bergerombol sebagaimana bakteri lainnya. Terdapat biofilm atau sekumpulan bakteri yang membentuk koloni. Bakteri yang berkumpul akan mengeluarkan lendir yang nantinya akan menutupi permukaan material yang berfungsi untuk menangkap nutrisi dari permukaan material. Biofilm ini yang akan mengkorosi material.



Gambar 4.25 Foto mikro material *aging treatment* dengan penambahan *Thiobacillus. F* tampak atas



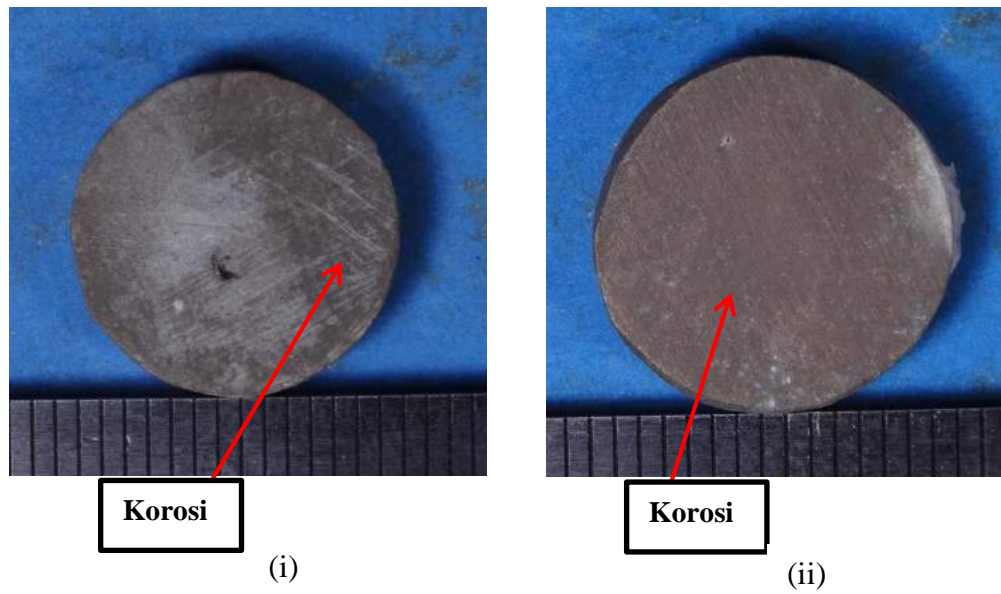
Gambar 4.26 Foto mikro material *aging treatment* dengan penambahan *Thiobacillus. F* tampak bawah

4.4.4 Hasil Foto Mikrostruktur Material *Aging Treatment*

Pada gambar 4.16 ini menunjukkan hasil foto makrostruktur material *non aging treatment* sebelum uji korosi. Pada gambar makrostruktur tersebut belum terlihat adanya korosi. Sebelum foto tersebut di ambil permukaan spesimen terlebih dahulu dihaluskan dengan menggunakan amplas agar permukaanya rata dan halus, hal tersebut bertujuan untuk menunjukan perbedaan jika dibandingkan dengan spesimen setelah uji korosi. Pada gambar 4.17 menunjukkan hasil foto makrostruktur material *non aging treatment* setelah uji korosi tampak atas dan tampak bawah. Setelah direndam dengan air laut buatan dengan salinitas 33‰, 35‰, dan 37‰ pada gambar tersebut sudah terlihat korosi terjadi pada permukaan spesimen. Spesimen yang pada awalnya berwarna keabuan berubah menjadi kecoklatan akibat korosi yang terjadi. Foto tersebut di ambil pada hari ke 20 atau 4 minggu perendaman.



Gambar 4.27 Foto makro material *aging treatment* sebelum di uji korosi



Gambar 4.29 (i) Foto makro material *aging treatment* setelah di uji korosi tampak depan (ii) Foto makro material *aging treatment* setelah di uji korosi tampak belakang

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

1. Laju korosi paling tinggi yaitu pada aluminium *non aging treatment* dengan penambahan bakteri *Thiobacillus. F* pada salinitas 37‰ ialah sebesar 1,196 mm/year. Sedangkan laju korosi paling rendah yaitu pada aluminium *aging treatment* tanpa penambahan bakteri pada salinitas 33‰ ialah sebesar 0,175 mm/year.
2. Dari foto mikro terlihat bahwa terjadi korosi pitting (sumuran), akibat dari proses korosi yang terjadi akibat aktivitas dari bakteri pada larutan air laut buatan.
3. Dari data laju korosi yang didapat maka dapat disimpulkan bahwa aluminium dengan *aging treatment* memiliki laju korosi lebih rendah apabila dibandingkan dengan aluminium *non aging treatment*. Dengan kata lain perlakuan panas *aging treatment* dapat memperlambat laju korosi material aluminium sehingga *aging treatment* dapat dijadikan alternatif untuk memperlambat korosi pada konstruksi kapal yang terbuat dari aluminium. Juga dapat di tarik diketahui bahwa bakteri yang paling korosif terhadap spesimen uji adalah bakteri *Thiobacillus. F* karena bakteri ini memiliki laju korosi paling tinggi pada semua salinitas (33‰, 35‰, dan 37‰).

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook Vol 4, 1991. *Heat Treating*, USA
- ASM Handbook Vol.13 A, 2003. *Corrosion: Fundamental, Testing, and Protection*, USA
- ASTM DI 141-90, 1990. *Standard specification for substitute ocean water. ASTM Standards for Corrosion Testing of Metals*. ASTM., Filadelfia.
- ASTM G31-72, 2004. *Standart for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*. ASTM Internasioanl. United State
- ASTM G48, 2003. *Standard test methods for pitting and crevice corrosion resistance of stainless steels and related alloys by use of ferric chloride solution*. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2003.
- Beech, Iwona B. *Recent advances in the study of biocorrosion-an overview*, Rev. Microbiol.vol.3 n.3 sao Paulo, University of Portsmouth, UK.
- Chen S., Wilson DB. 1997, *Construction and Characterization of Escherichia coli Genetically Engineered for Bioremediation of Hg²⁺ Conminated Environments*, J. Appl. Environ. Microbiol. Vol. 63.
- Corrosion Threats Handbook. 2008. *Upstream Oil and Gas Production Plant*. Energy Institute.
- Fontana, Mars G. 1986. *Corrosion Engineering*. Buku Materials Technology Institute of the Chemical Proses Industries, Inc. The Ohio State University.
- Holt, J. G., et al. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology (Ninth Edition)*. USA: A Waverly Company.
- Isa, Ishak, dan Yuliana R. 2013. *Pemanfaatan Berbagai Jenis Bakteri Dalam Proses Bioleaching Limbah Logam Berat*. Laporan Tahunan Penelitian Fundamental. Universitas Negeri Gorontalo.
- Melliawati, R. 2009. *E. Coli dalam kehidupan manusia*. Bio trends Vol.4/No.1/Th.2009.
- Pratikno, Herman., and Harmin S., 2016. *Microbial Influenced Corrosion on Aluminium by Pseudomonas Fluorescens In Different Saline Water*. Internasional Journal of ChemTech Research.
- Pratikno, Herman. 2015. *Aging Treatment to increase the Erosion-Corrosion Resistance of AA6063 Alloys for Marine Application*. Journal of Prodia Earth and Planetary Science.

Schonmetz, A. 1985. Pengerjaan logam mesin : *Pembubutan, Perautan, Pengasahan, Pengetaman Dan Penebasan, Pelumasan, Penggarapan Secara Halus.*

Surdia, Tata., Shinroku S. 1992. *Pengetahuan Bahan Teknik.* Buku Pradya Paramita, cetakan kedua.

Zulfia, Anne., Ratna Juwita, Ari Uliana, dkk. 2010. *Proses Penuaan (Aging) pada Paduan Aluminium AA 333 Hasil Proses Sand Casting.* Jurnal Teknik Mesin Vol. 12, No 1. Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Universitas Indonesia.

LAMPIRAN

1. Pembuatan volume larutan NA, NB dan NaCl yang dibutuhkan

a. Pembuatan *Nutrient Agar* (NA)

1. Menimbang kebutuhan NA dalam bentuk powder sebanyak 4 gram.

Karena untuk setiap 1000 ml aquades membutuhkan 20 gram NA powder, maka untuk 200 ml aquades adalah :

$$NA = \frac{200 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} \times 20 \text{ gram} = 4 \text{ gram}$$

2. Menuangkan NA (powder 4 gram) ke wadah dan ditambahkan aquades ke dalamnya hingga 200 ml.
3. Larutan NA dipanaskan dikompor listrik hingga mendidih dan lalu dituangkan pada setiap tabung reaksi kemudian di dinginkan.

b. Pembuatan *Nutrient Broth* (NB)

1. Menimbang kebutuhan NB dalam bentuk powder sebanyak 4,8 gram.

Karena untuk setiap 1000 ml aquades membutuhkan 8 gram NB powder, maka untuk 600 ml aquades adalah :

$$NB = \frac{600 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} \times 8 \text{ gram} = 4,8 \text{ gram}$$

2. Menuangkan NB (powder 4,8 gram) ke wadah dan ditambahkan aquades kedalamnya hingga 600 ml.
3. Larutan NB tidak perlu dipanaskan, langsung dapat dituangkan pada labu elenmeyer dan di sterilisasi.

c. Pembuatan Larutan NaCl

1. Menimbang kebutuhan NaCl dalam bentuk powder sebanyak 33 gram untuk salinitas 33 ‰, 35 gram untuk salinitas 35 ‰, 37 gram untuk salinitas 37 ‰ dan 8.5 gram untuk salinitas 8.5 ‰ yang digunakan untuk membilas bakteri dari *centrifuge*.
2. Menuangkan NaCl tersebut masing-masing kedalam wadah, dan ditambahkan aquades ke dalamnya hingga mencapai 1000 ml.

2. Perhitungan Laju Korosi

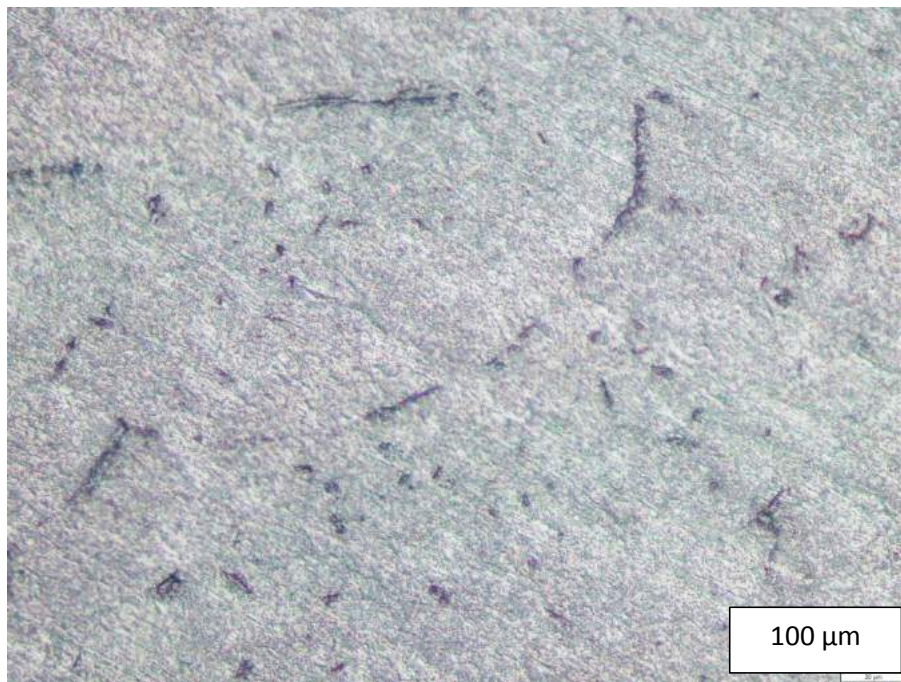
Tabel Laju Korosi Material Aluminium *Aging Treatment*

Bakteri	Salinitas	Berat Hilang Minggu ke 1	Laju Korosi Minggu ke 1	Berat Hilang Minggu ke 2	Laju Korosi Minggu ke 2	Berat Hilang Minggu ke 3	Laju Korosi Minggu ke 3	Berat Hilang Minggu ke 4	Laju Korosi Minggu ke 4
E. Coli	33 ‰	0,0021	0,204775281	0,0018	0,175521669	0,0021	0,204775281	0,0025	0,243780096
	35 ‰	0,0024	0,234028892	0,0029	0,282784912	0,0027	0,263282504	0,0031	0,302287319
	37 ‰	0,0036	0,351043339	0,0039	0,38029695	0,0042	0,409550562	0,0041	0,399799358
Psidomonas	33 ‰	0,0016	0,156019262	0,0025	0,243780096	0,0028	0,273033708	0,0039	0,38029695
	35 ‰	0,0034	0,331540931	0,037	3,607945425	0,0035	0,341292135	0,0047	0,458306581
	37 ‰	0,0054	0,526565008	0,0056	0,546067416	0,0053	0,516813804	0,0068	0,663081862
Thiobacilus	33 ‰	0,0065	0,63382825	0,0063	0,614325843	0,0063	0,614325843	0,0058	0,565569823
	35 ‰	0,0071	0,692335474	0,0068	0,663081862	0,0059	0,575321027	0,0066	0,643579454
	37 ‰	0,0076	0,741091493	0,075	0,738996434	0,0064	0,624077047	0,0079	0,770345104
Tanpa Bakteri	33 ‰	0,0018	0,175521669	0,0019	0,185272873	0,0014	0,136516854	0,0024	0,234028892
	35 ‰	0,0018	0,175521669	0,0017	0,165770465	0,0025	0,243780096	0,0032	0,312038523
	37 ‰	0,0025	0,243780096	0,0017	0,165770465	0,0031	0,302287319	0,0044	0,42905297

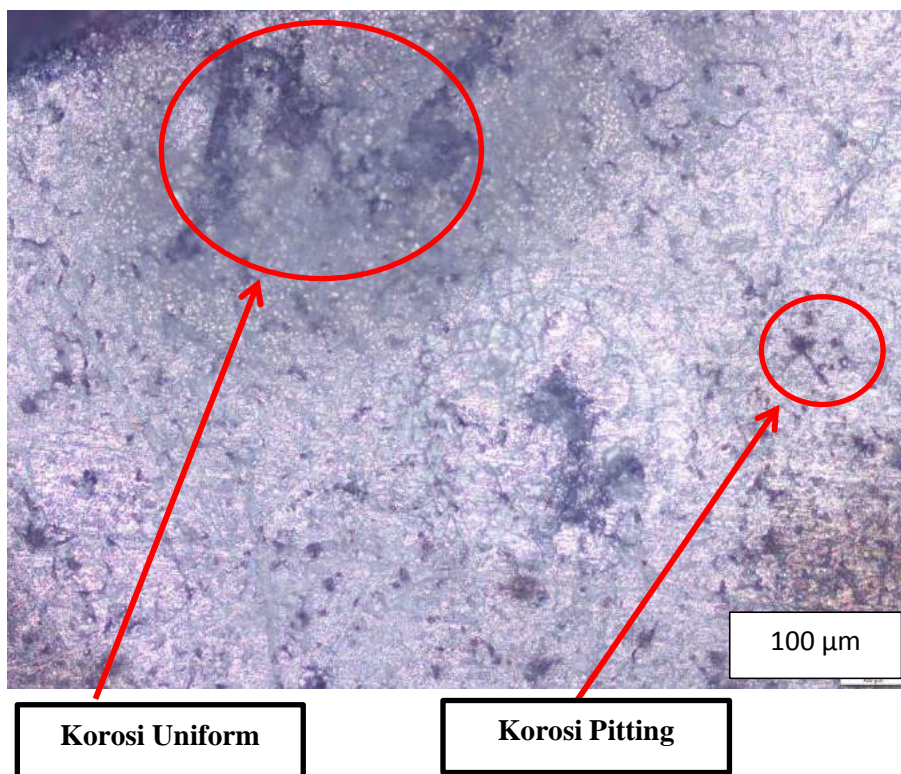
Tabel Laju Korosi Material Aluminium *Non Aging Treatment*

Bakteri	Salinitas	Berat Hilang Minggu ke 1 (mg)	Laju Korosi Minggu ke 1	Berat Hilang Minggu ke 2	Laju Korosi Minggu ke 2	Berat Hilang Minggu ke 3	Laju Korosi Minggu ke 3	Berat Hilang Minggu ke 4	Laju Korosi Minggu ke 4
E. Coli	33 ‰	0,0031	0,302287319	0,0036	0,351043339	0,0031	0,302287319	0,0027	0,263282504
	35 ‰	0,0043	0,419301766	0,0044	0,42905297	0,0039	0,38029695	0,0032	0,312038523
	37 ‰	0,0048	0,468057785	0,0058	0,565569823	0,0059	0,575321027	0,0059	0,575321027
Psidomonas	33 ‰	0,0037	0,360794543	0,0029	0,282784912	0,0032	0,312038523	0,0031	0,302287319
	35 ‰	0,0054	0,526565008	0,0058	0,565569823	0,0056	0,546067416	0,0065	0,63382825
	37 ‰	0,0078	0,7605939	0,0066	0,643579454	0,0078	0,7605939	0,0078	0,7605939
Thiobacilus	33 ‰	0,0043	0,419301766	0,0063	0,614325843	0,0069	0,672833066	0,0059	0,575321027
	35 ‰	0,0067	0,653330658	0,0078	0,7605939	0,0088	0,858105939	0,0078	0,7605939
	37 ‰	0,0097	0,945866774	0,0095	0,926364366	0,0108	1,053130016	0,0122	1,18964687
Tanpa Bakteri	33 ‰	0,0013	0,12676565	0,0009	0,087760835	0,0019	0,185272873	0,0023	0,224277689
	35 ‰	0,0021	0,204775281	0,0008	0,078009631	0,0024	0,234028892	0,0047	0,458306581
	37 ‰	0,0023	0,224277689	0,0015	0,146268058	0,0029	0,282784912	0,0058	0,565569823

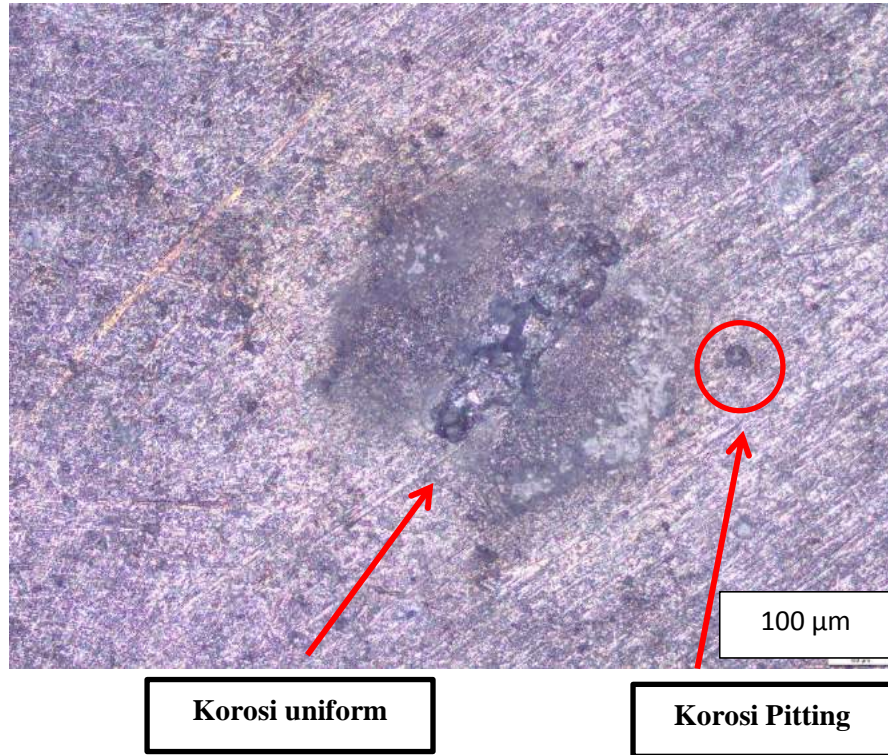
- Material *Aging Treatment* sebelum di uji korosi



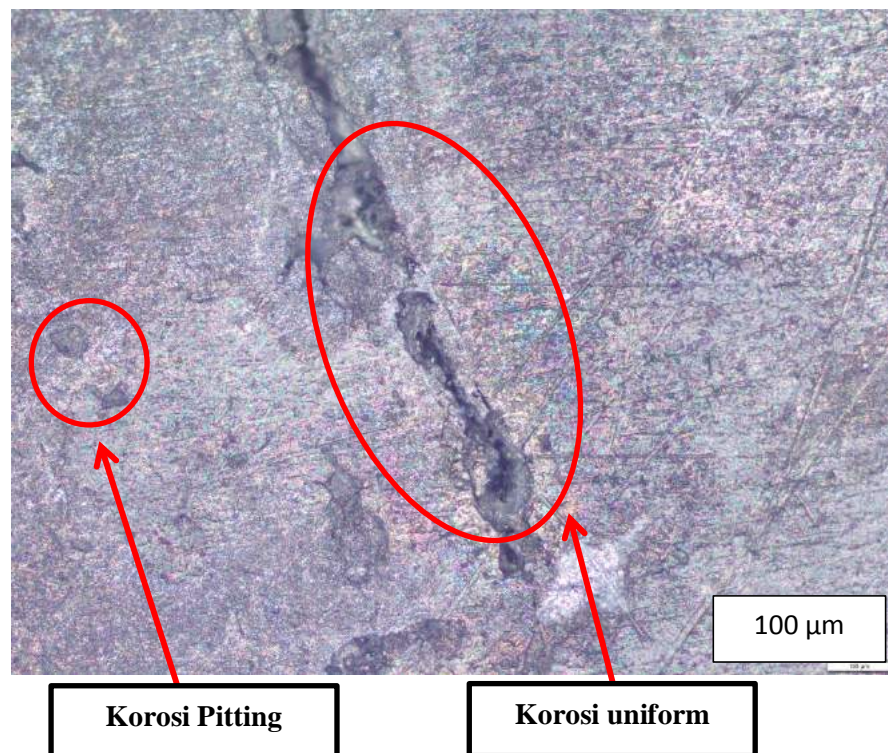
- Material tanpa penambahan bakteri salinitas 33 ‰



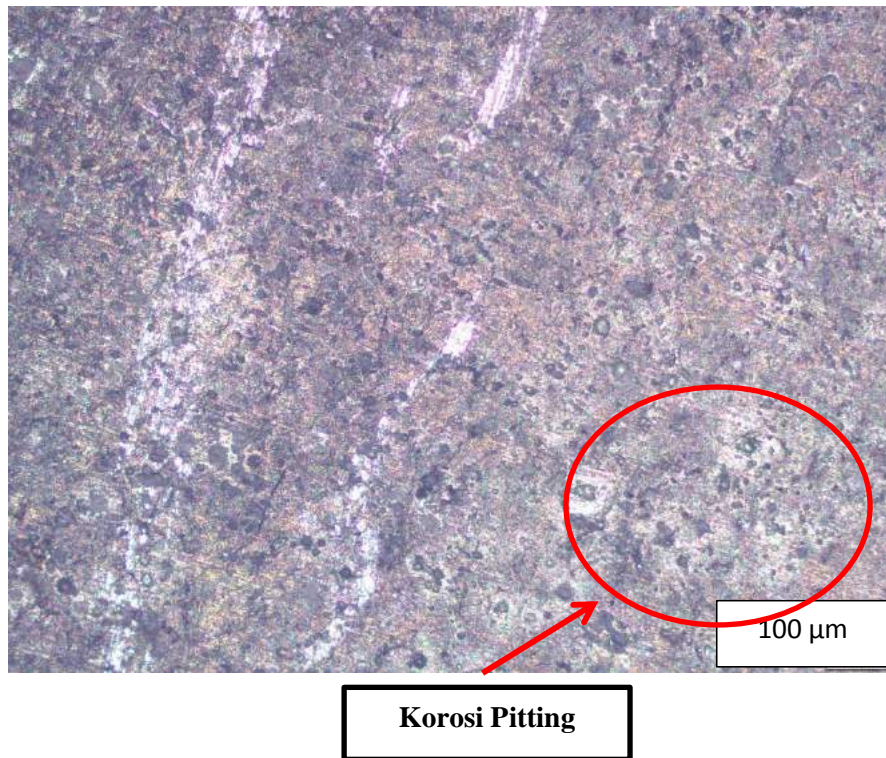
- Material tanpa penambahan bakteri salinitas 35 ‰



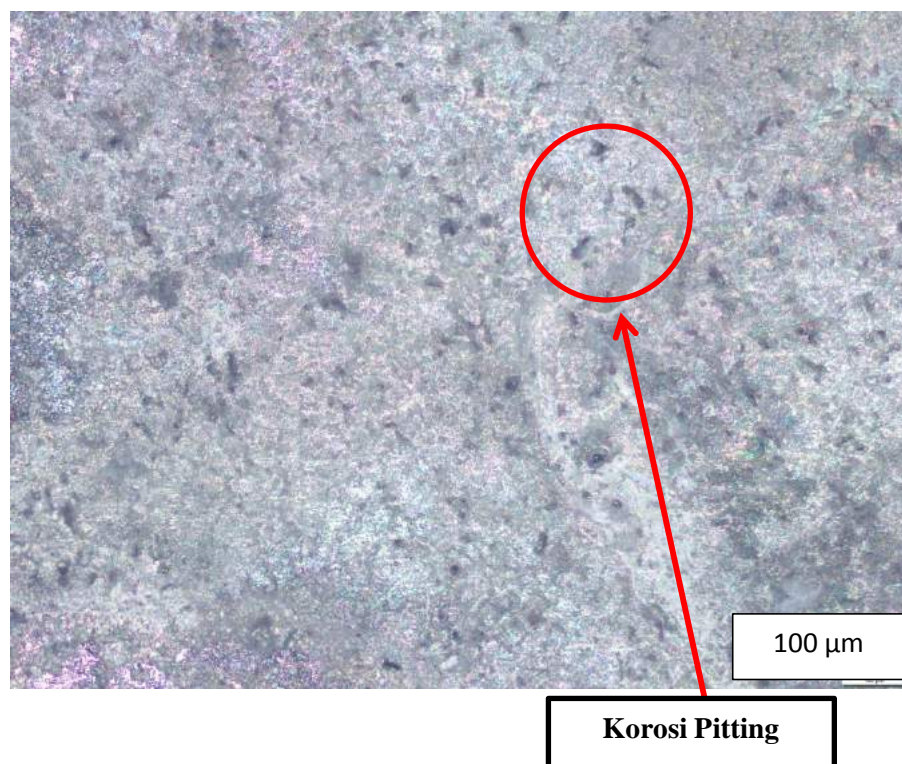
- Material tanpa penambahan bakteri salinitas 37 ‰



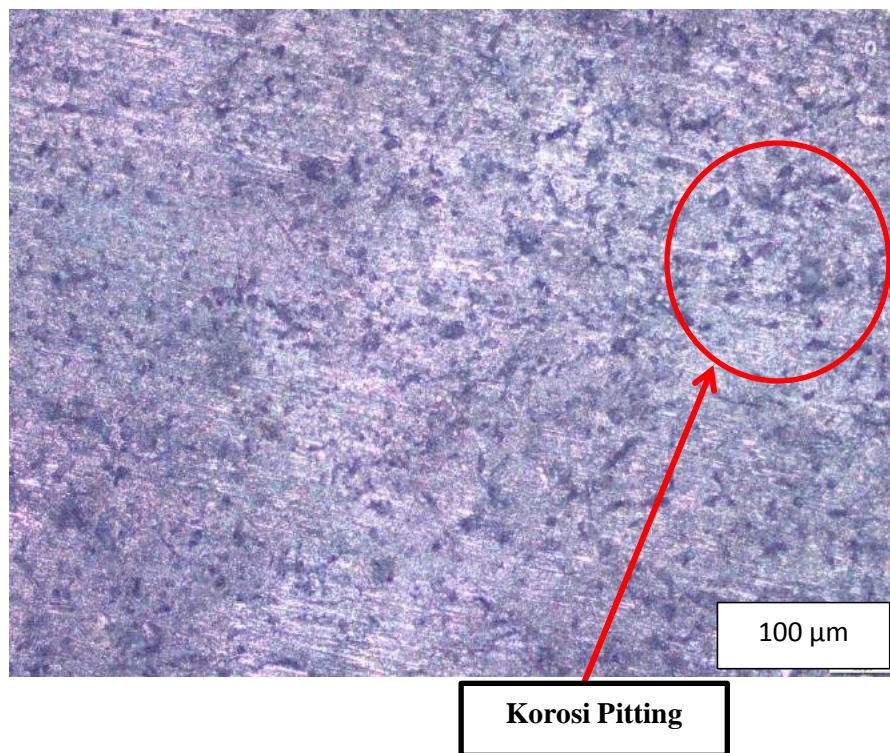
- Material dengan penambahan bakteri *E. coli* salinitas 33 ‰



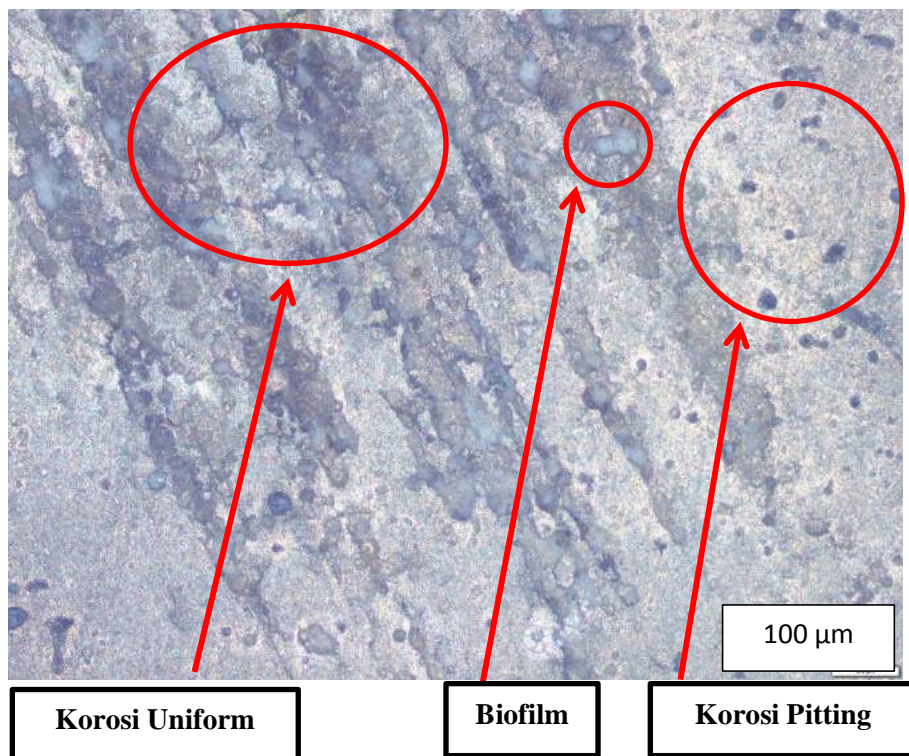
- Material dengan penambahan bakteri *E. coli* salinitas 35 ‰



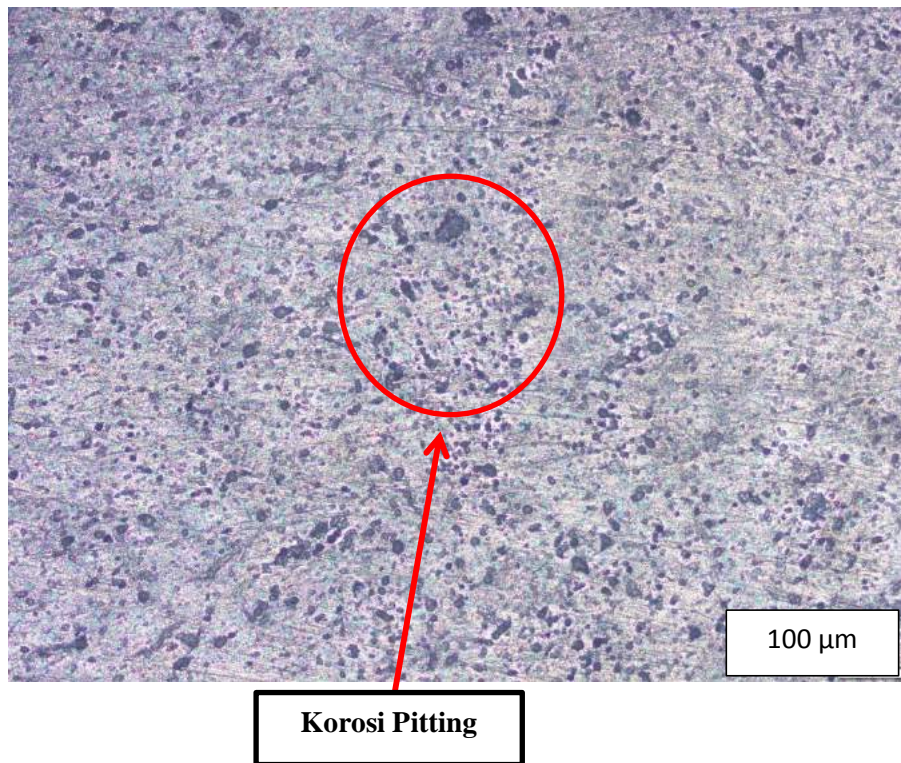
- Material dengan penambahan bakteri *E. coli* salinitas 37 ‰



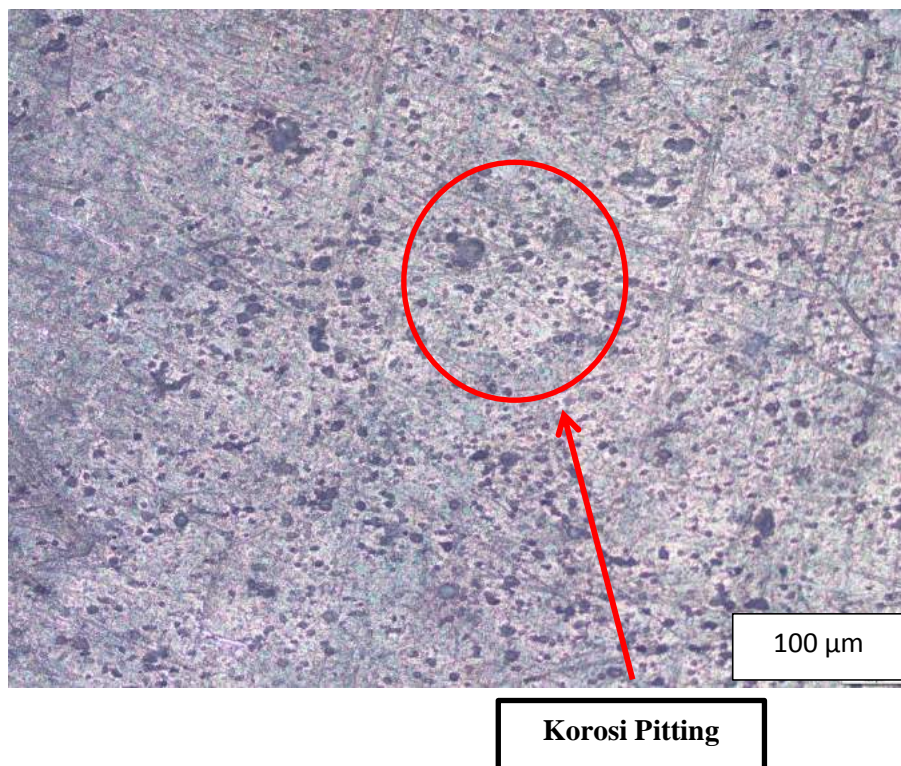
- Material dengan penambahan bakteri *Pseudomonas F* salinitas 33 ‰



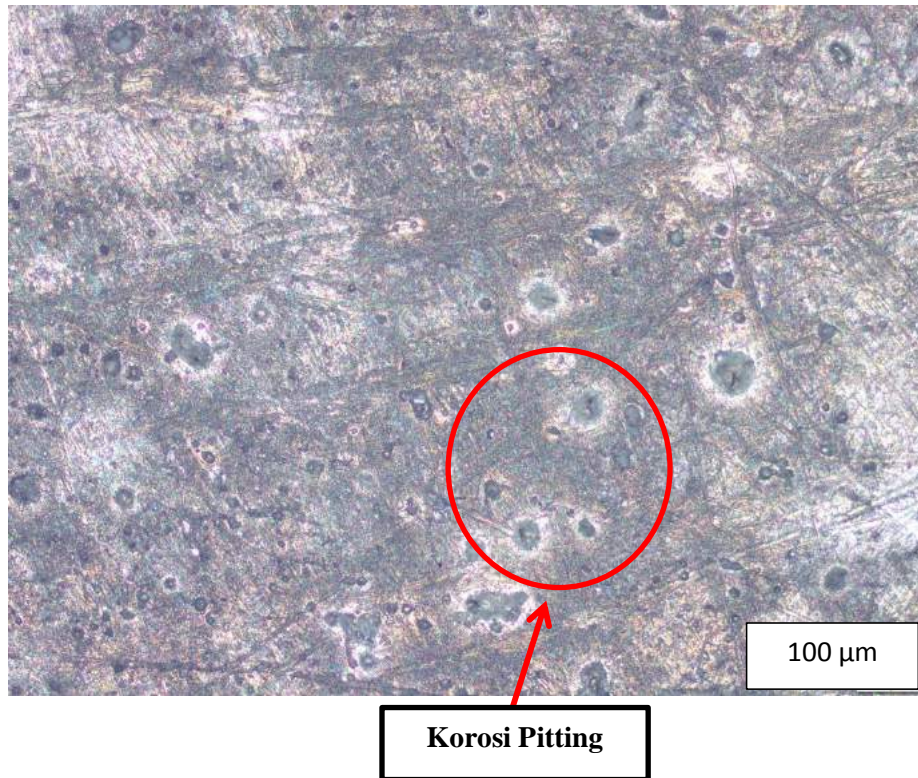
- Material dengan penambahan bakteri *Pseudomonas F* salinitas 35 ‰



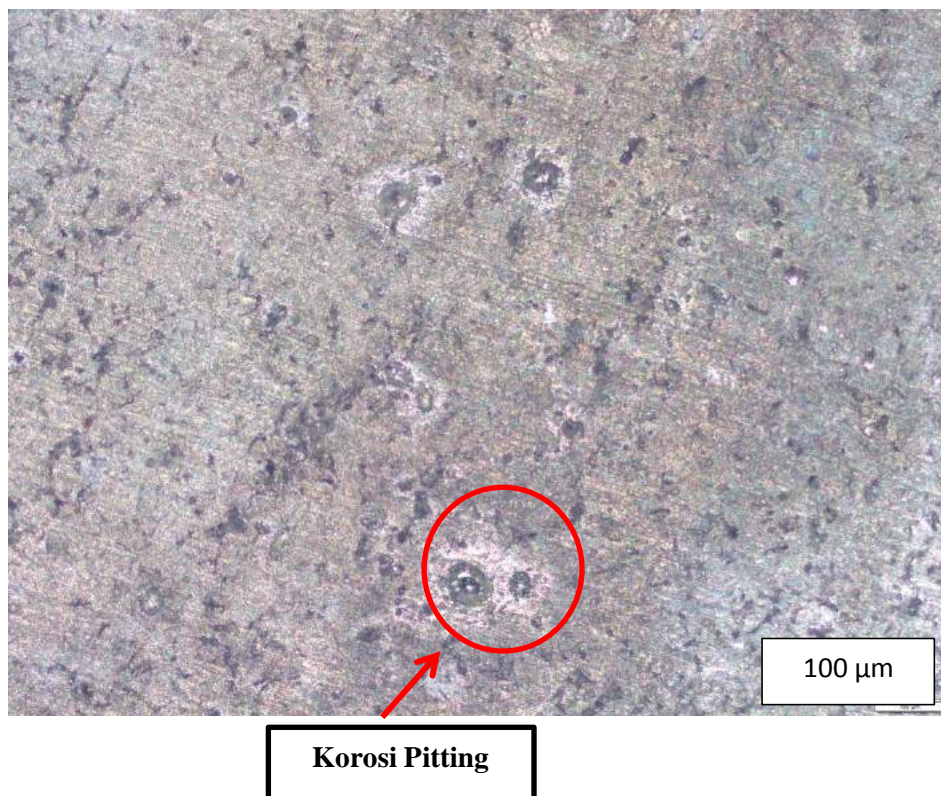
- Material dengan penambahan bakteri *Pseudomonas F* salinitas 37 ‰



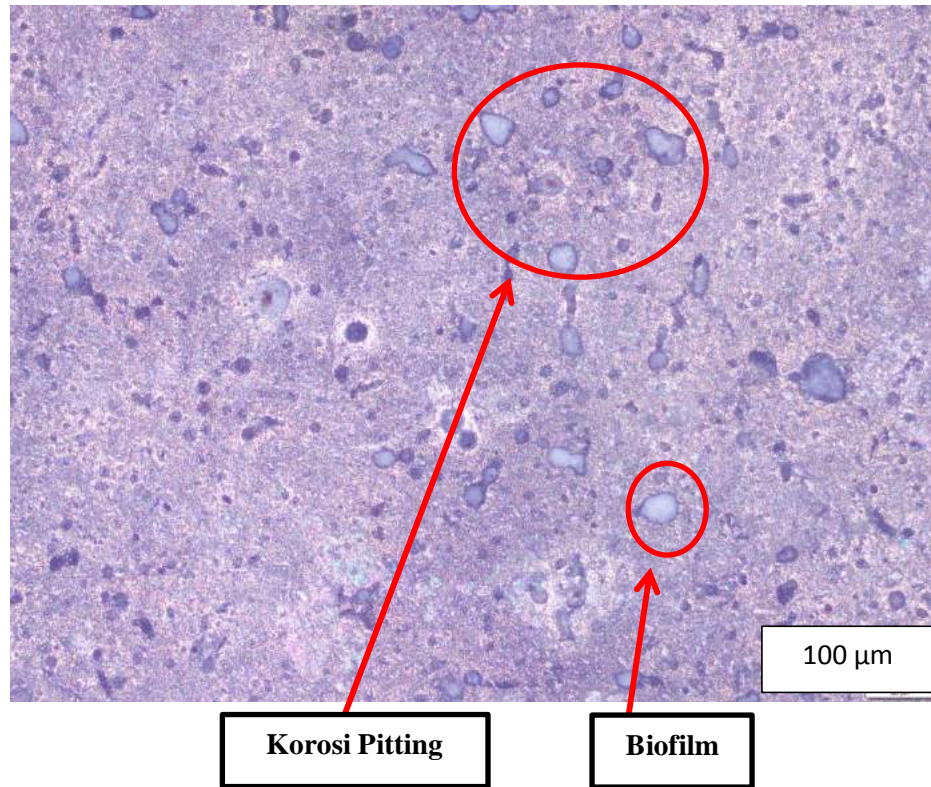
- Material dengan penambahan bakteri *Thiobacillus F* salinitas 33 ‰



- Material dengan penambahan bakteri *Thiobacillus F* salinitas 35 ‰

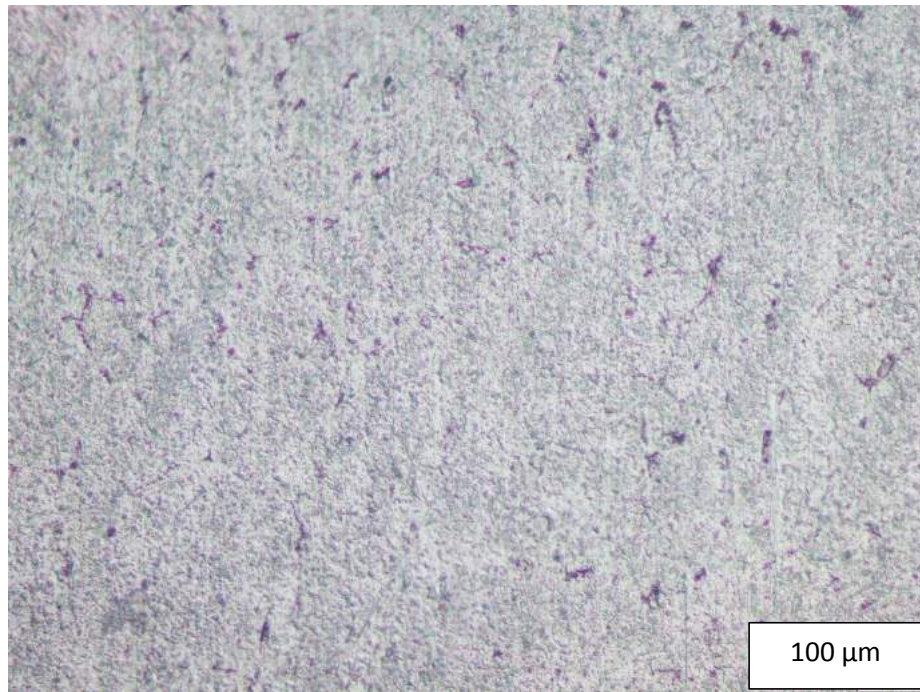


- Material dengan penambahan bakteri *Thiobacillus F* salinitas 37 ‰

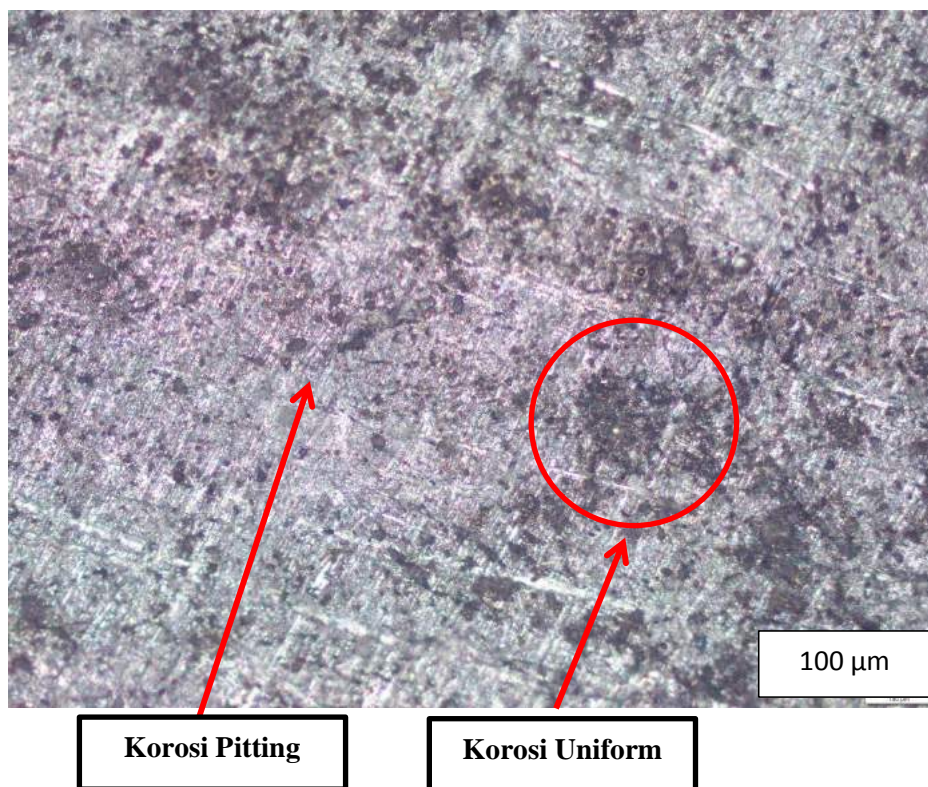


3. Foto Hasil Uji Mikro Material Aluminium *Non Aging Treatment*

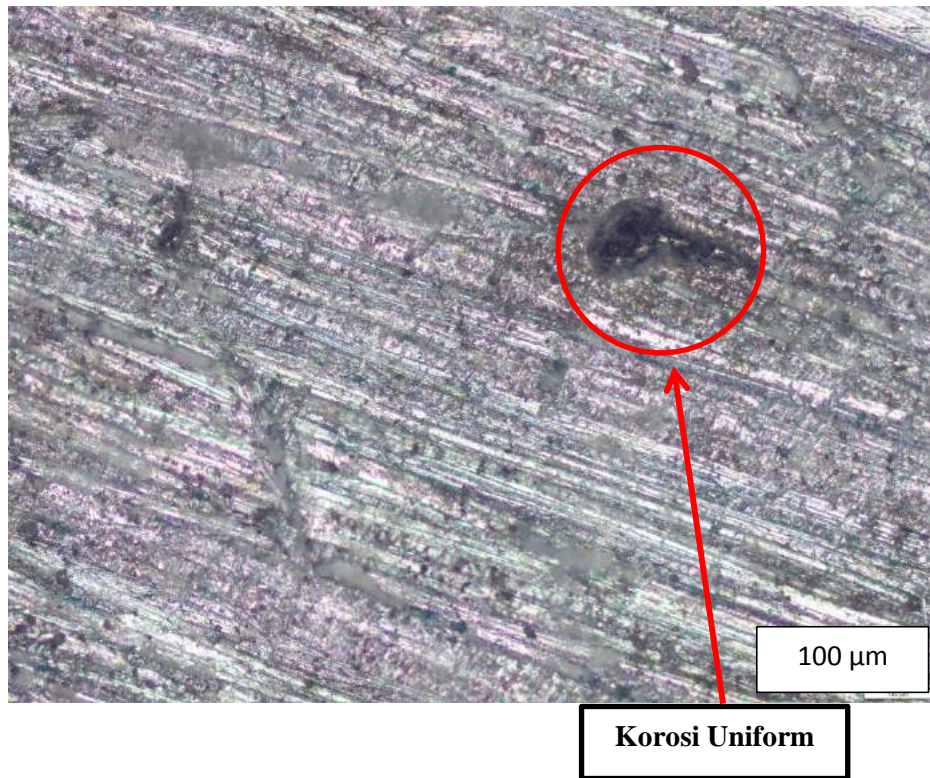
- Material *Non Aging Treatment* sebelum di uji korosi



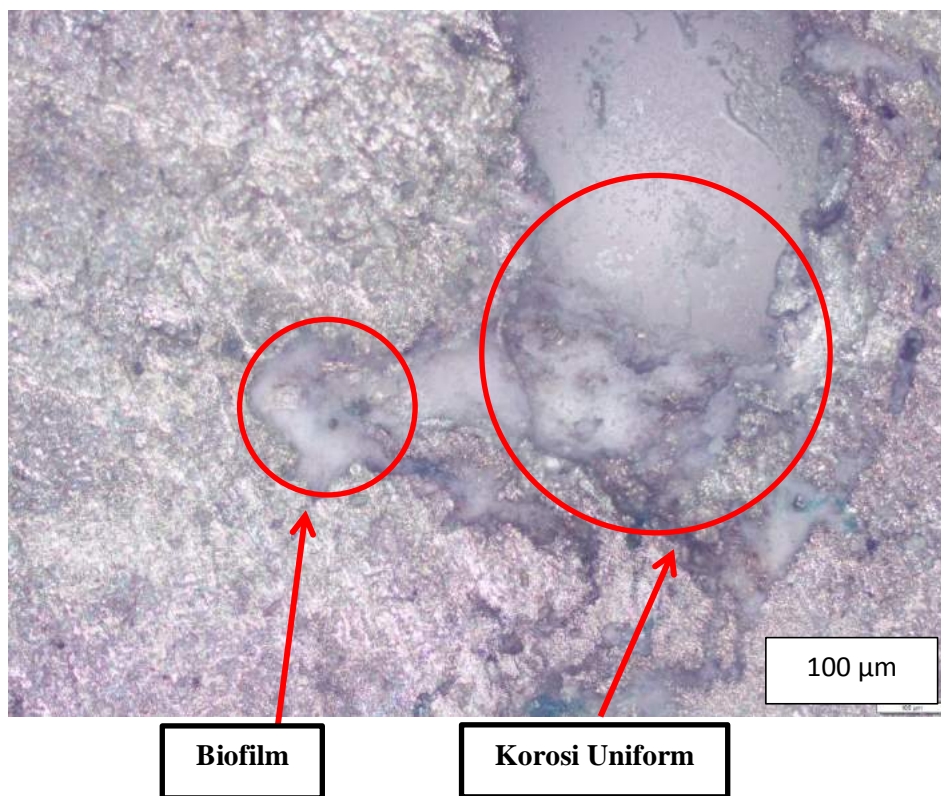
- Material tanpa penambahan bakteri salinitas 33 ‰



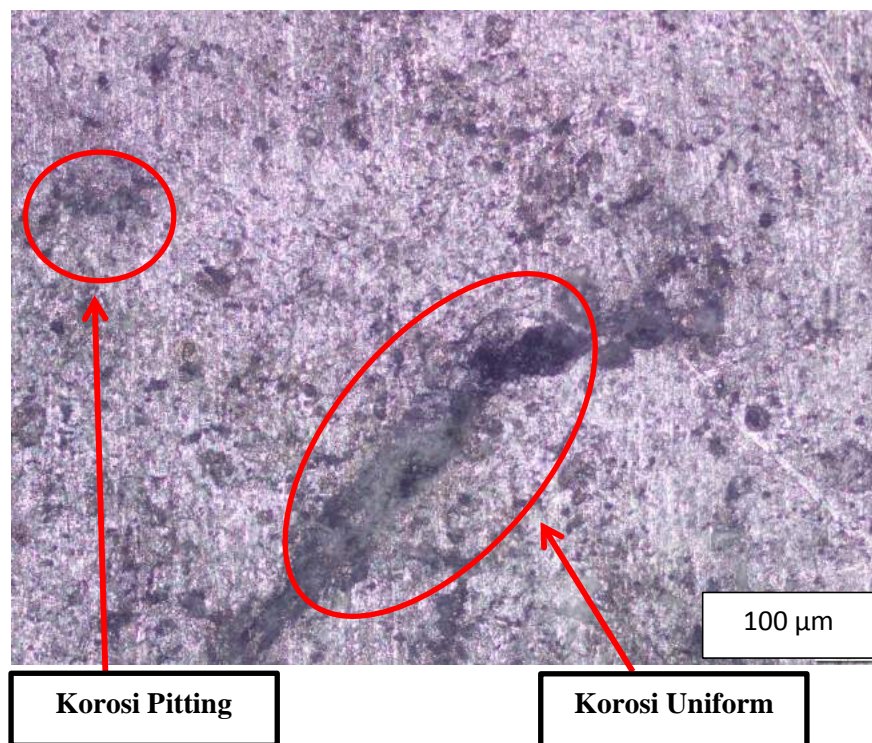
- Material tanpa penambahan bakteri salinitas 35 ‰



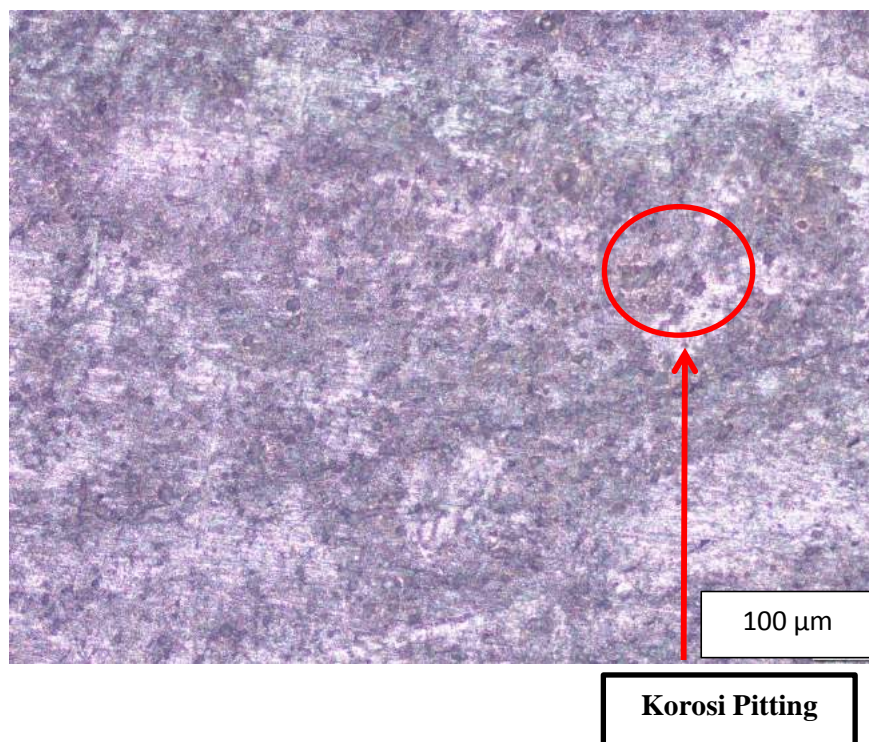
- Material tanpa penambahan bakteri salinitas 37 ‰



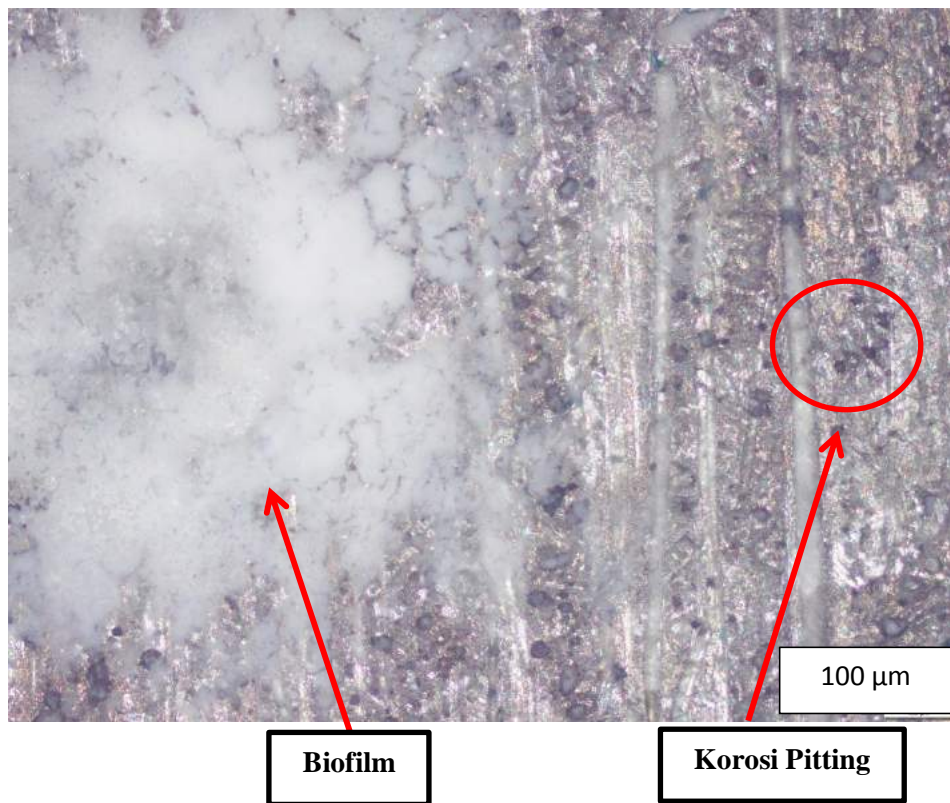
- Material dengan penambahan bakteri *E. Coli* salinitas 33 ‰



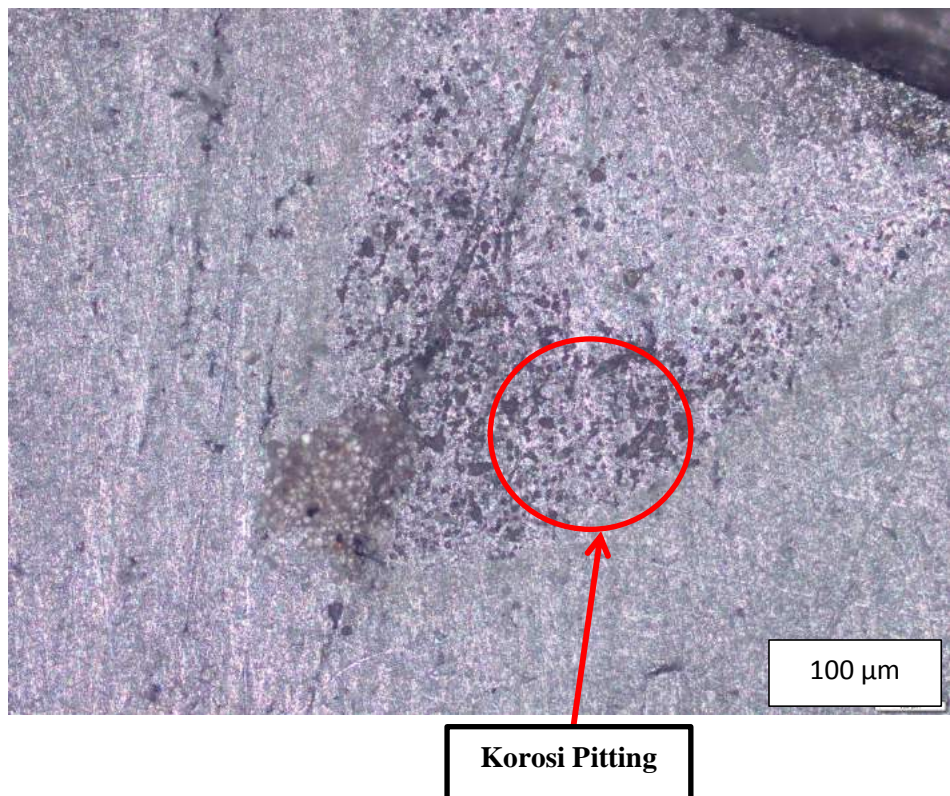
- Material dengan penambahan bakteri *E. Coli* salinitas 35 ‰



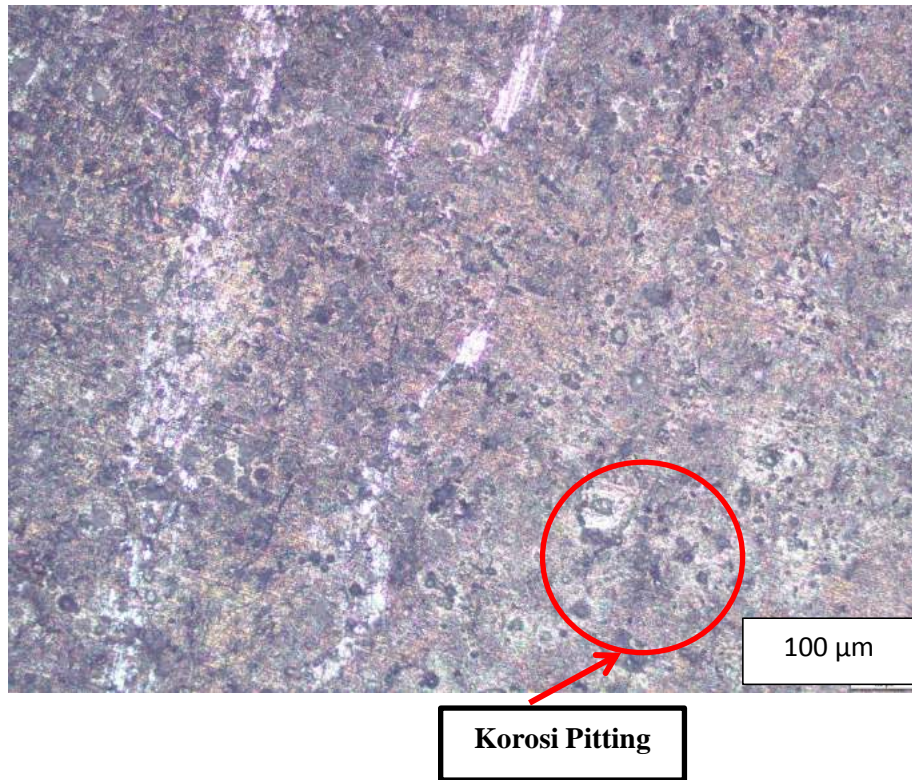
- Material dengan penambahan bakteri *E. Coli* salinitas 37 ‰



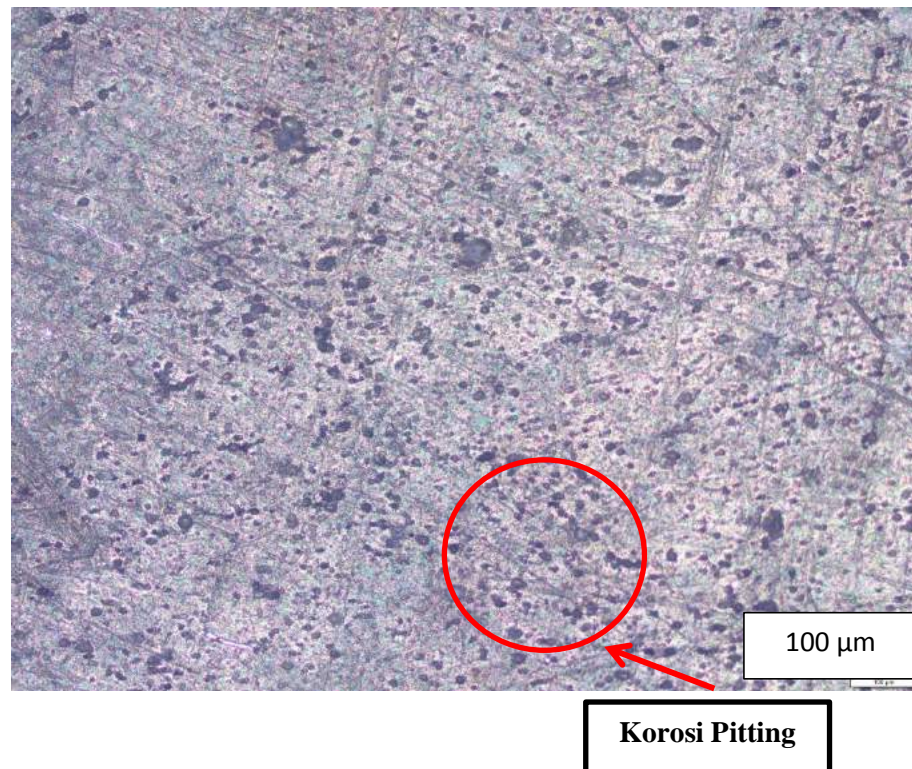
- Material dengan penambahan bakteri *Pseudomonas. F* salinitas 33 ‰



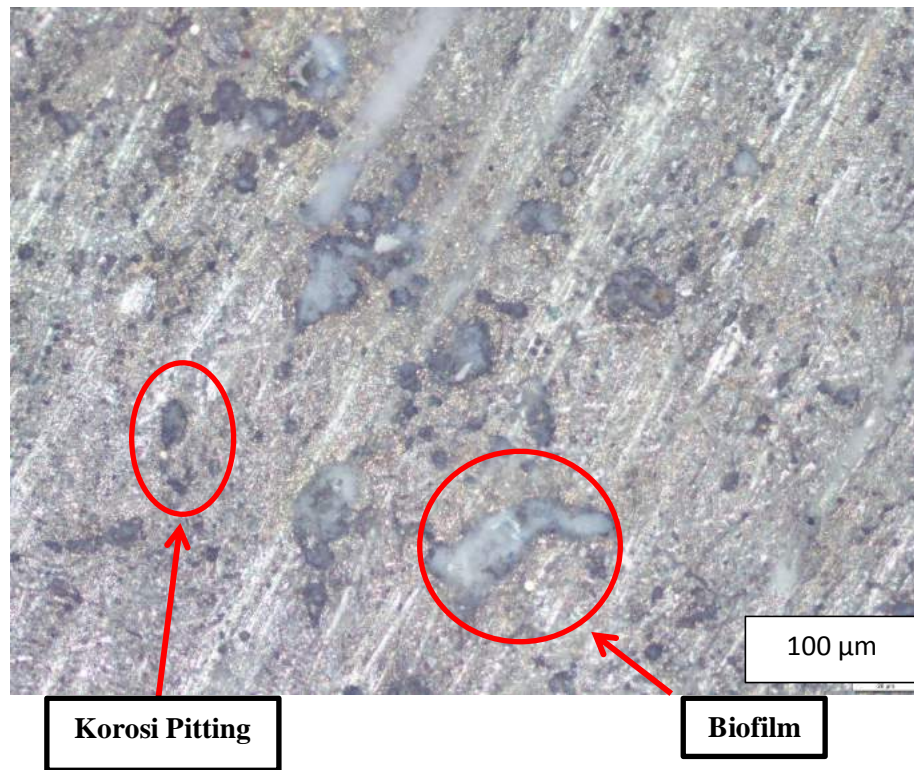
- Material dengan penambahan bakteri *Pseudomonas. F* salinitas 35 ‰



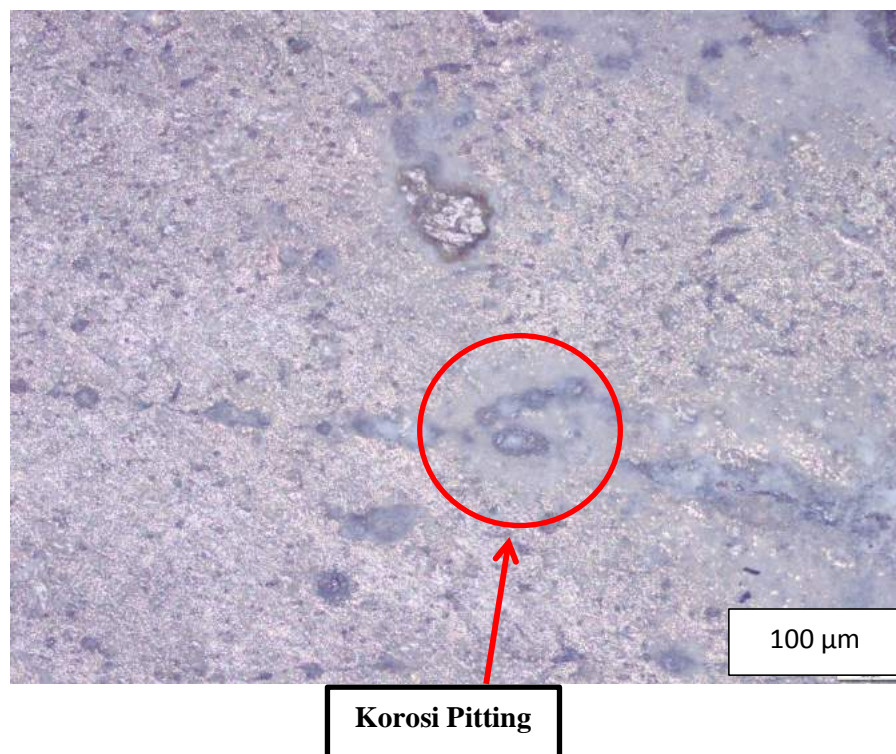
- Material dengan penambahan bakteri *Pseudomonas. F* salinitas 37 ‰



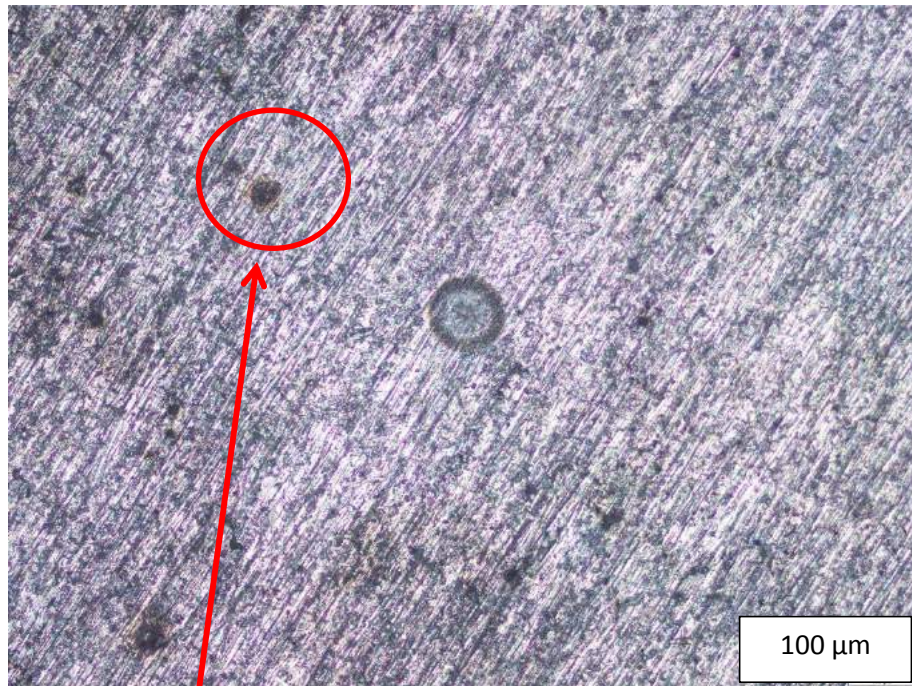
- Material dengan penambahan bakteri *Thiobacillus. F* salinitas 33 ‰



- Material dengan penambahan bakteri *Thiobacillus. F* salinitas 35 ‰





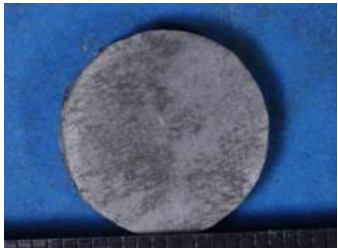

- Material dengan penambahan bakteri *Thiobacillus. F* salinitas 37 ‰







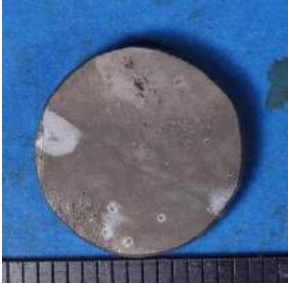


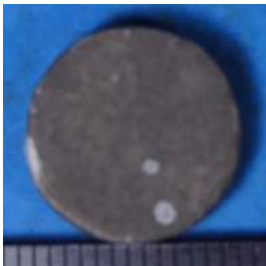
Korosi Pitting

4. Foto Hasil Uji Makro Material Aluminium *Aging Treatmen*

Tabel Hasil Uji Makro Material Aluminium *Aging Treatmen*



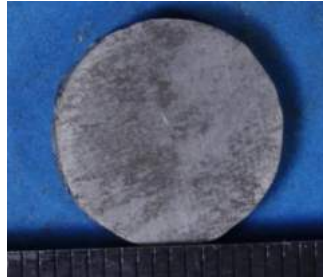

Bakteri	Salinitas	Hasil Foto Makro
E. Coli	33 ‰	
	35 ‰	
	37 ‰	
Pseudomonas	33 ‰	

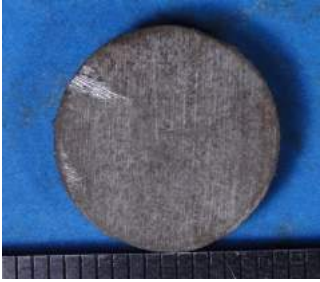
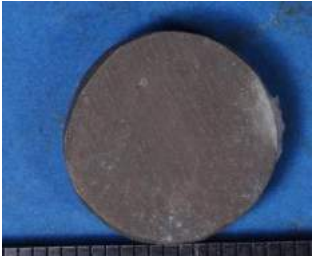


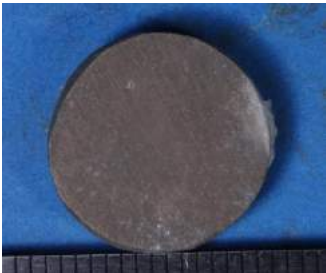
	35 ‰	
	37 ‰	
Thiobacillus	33 ‰	
	35 ‰	

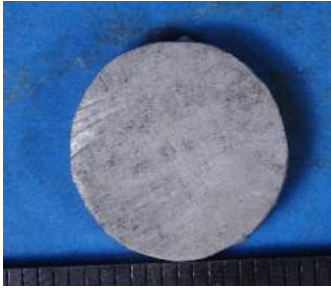


	37 ‰	
Tanpa Bakteri	33 ‰	
	35 ‰	
	37 ‰	

5. Foto Hasil Uji Makro Material Aluminium *Non Aging Treatmen*

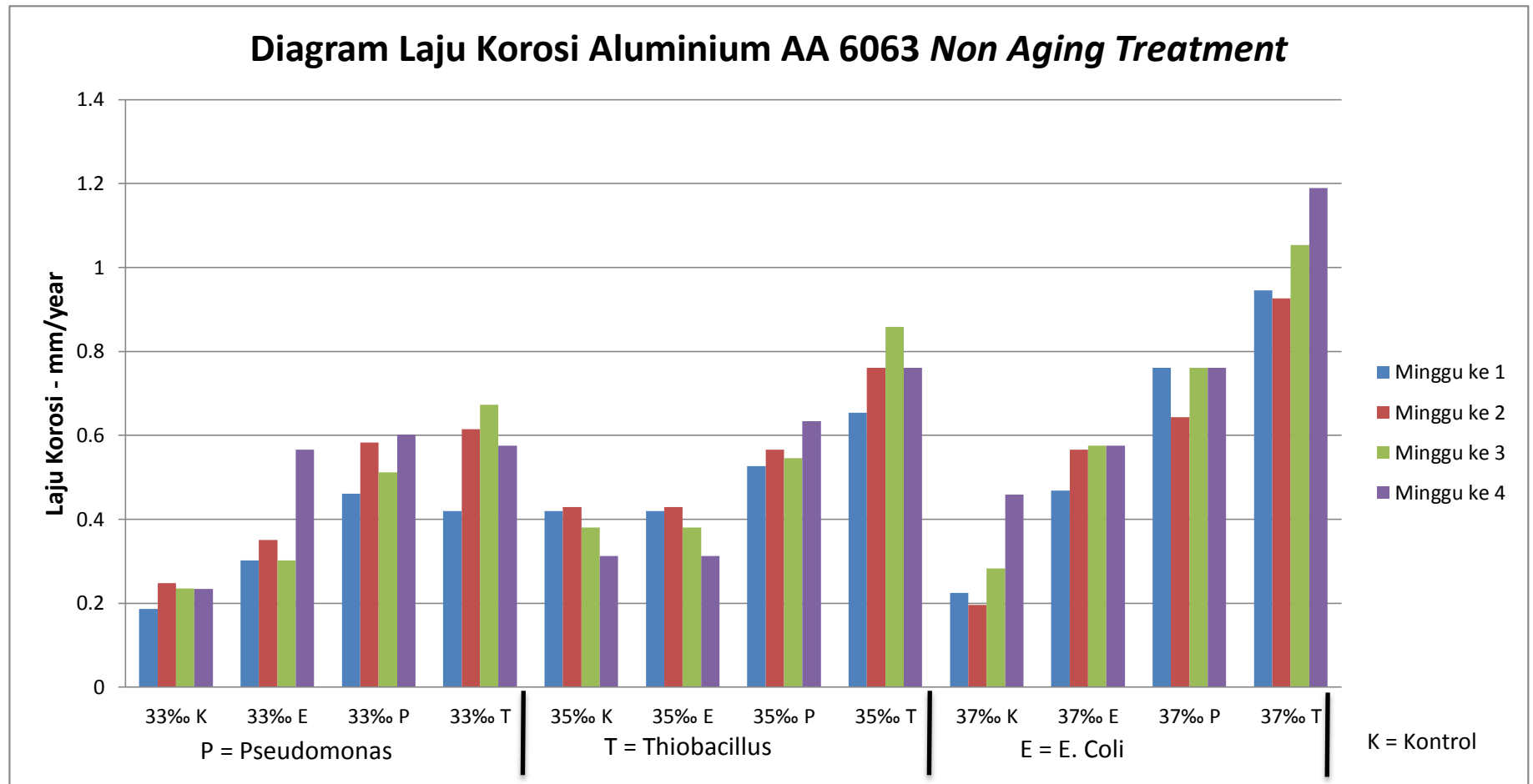
Tabel Hasil Uji Makro Material Aluminium *Non Aging Treatmen*

Bakteri	Salinitas	Hasil Foto Makro
E. Coli	33 ‰	
	35 ‰	
	37 ‰	
Pseudomonas	33 ‰	

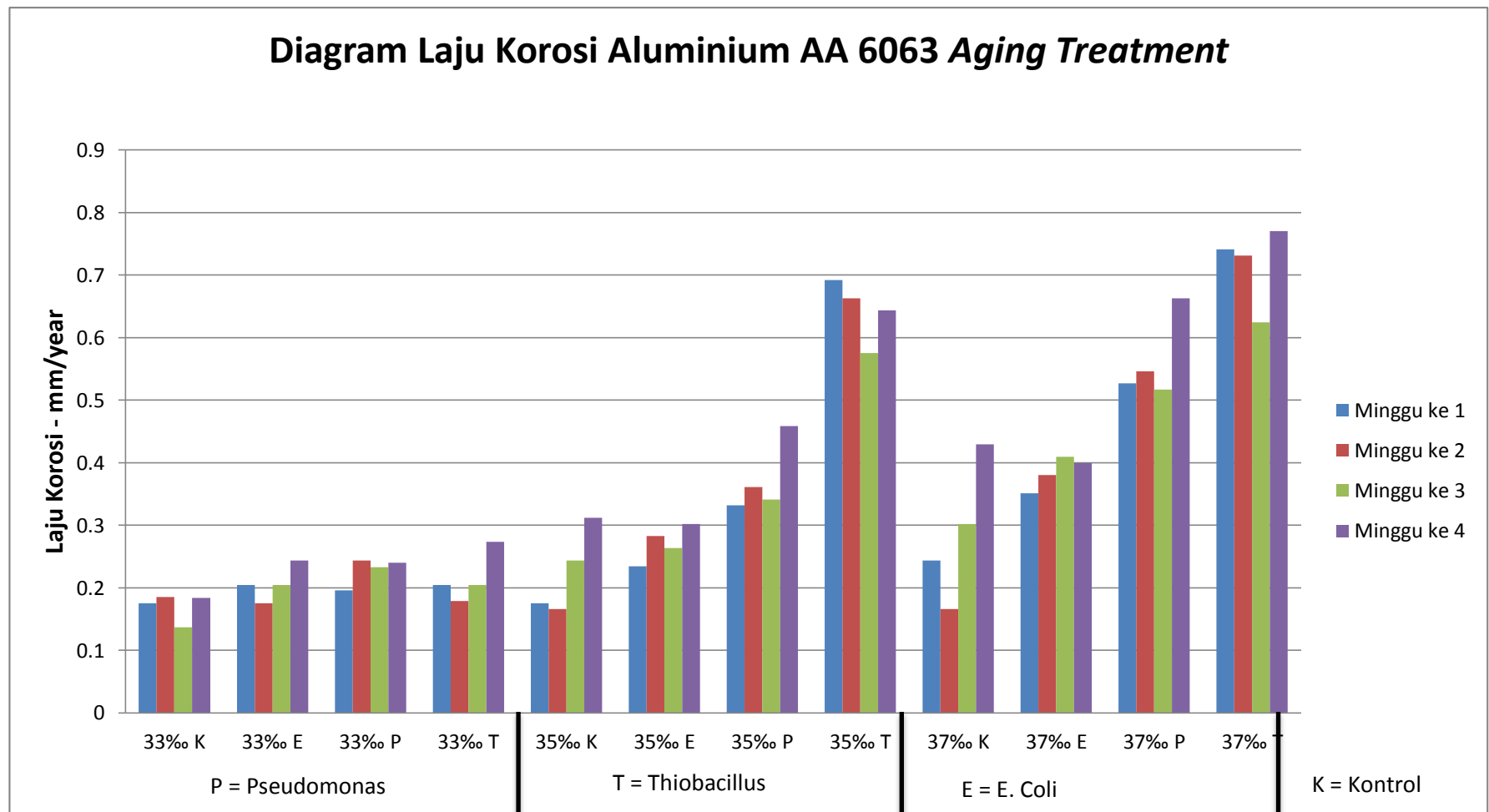
	35 ‰	
	37 ‰	
Thiobacillus	33 ‰	
	35 ‰	
	37 ‰	

Tanpa Bakteri	33 ‰	
	35 ‰	
	37 ‰	

7. Diagram Laju Korosi Aluminium AA 6063 *Non Aging Treatment*



8. Diagram Laju Korosi Aluminium AA 6063 *Aging Treatment*



BIODATA PENULIS



Nurika Primiliana, lahir di Pamekasan, 4 April 1995 dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Pendidikan formal penulis dimulai dari pendidikan dasar di SDN 1 Montok pada tahun 2001-2006, pendidikan menengah pertama di SMPN 2 Larangan pada tahun 2007-2009, pendidikan menengah atas di SMAN 1 Pamekasan pada tahun 2010-2013. Penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya melalui jalur SNMPTN dengan NRP 4313100042 dan mendapatkan beasiswa BIDIK MISI. Penulis aktif dalam organisasi selama perkuliahan. penulis pernah mendapatkan amanah sebagai kadif Departemen Badan Usaha Milih Fakultas (BUMF) BEM FTK-ITS periode 2015-2016. Penulis berkesempatan melaksanakan kerja praktek di Dinas Kelautan Perikanan Kabupaten Pamekasan selama 2 bulan. Pada bulan januari 2017, penulis mulai mengerjakan Tugas Akhir sebagai syarat kelulusan Pendidikan Sarjana (S1) dengan judul *Analisis Aging Treatment Pada Aluminium AA 6063 Terhadap Ketahanan Korosi Bakteri di Lingkungan Laut* dan ditempuh dalam waktu satu semester.